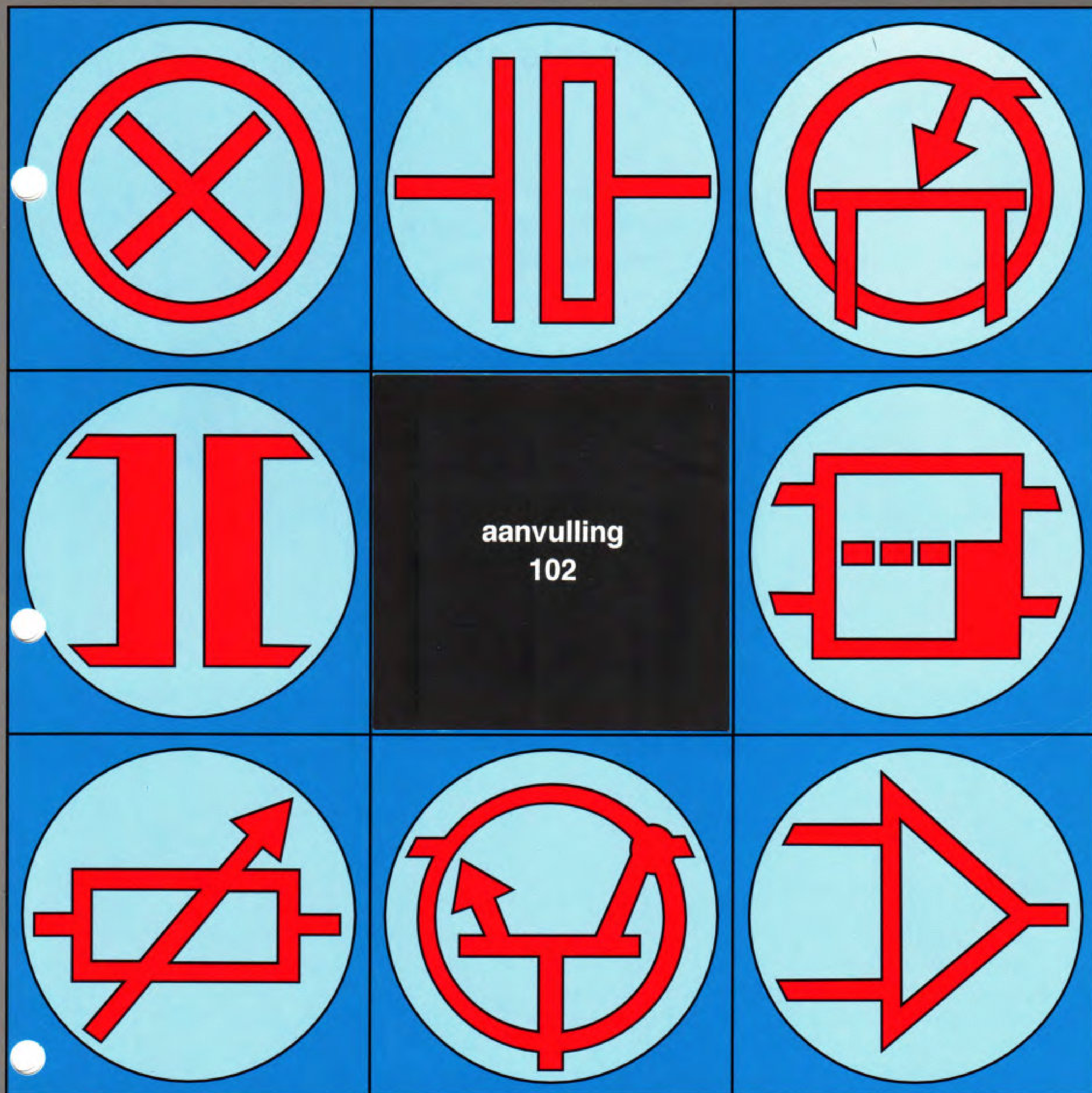
Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek

Naslagwerk over theorie en praktijk van de elektronica



Vego VOF, Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf

CIP-GEGEVENS

Verstraten, J.

Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek

Groot praktijkboek voor de elektronicus met bouwhandleidingen, theoretische artikelen, componentengegevens en adressenlijsten

Losbladig, geïllustreerd

Trefwoord: elektronica

Uitgave:
Vego VOF, Postbus 32.014, 6370 JA Landgraaf ...... http://www.vego.nl/hobby

Contact:
E-mail .... vego_vof@compuserve.com

Elektronische pagina-opmaak:
Vego VOF, Landgraaf - Marianne Packbiers .... http://www.vego.nl

POD-productie:
CPF Landgraaf .... http://www.copy-print.nl

Ringband:
Design Studio Sensation, Haarlem .... http://www.ds-sensation.nl

ISBN:
90-805610-4-5

NUGI:
169

3/19

Principes van computer-elektronica

Inhoud

3/19.1 **Architectuur van de computer hardware en de bus**
(verschenen in de 69e , 70e en 71e aanvulling)

3/19.4 **Principes van gegevensopslag op diskette**
(verschenen in de 72e aanvulling)

3/19.5 **Principes van gegevensopslag op harde schijven**
(verschenen in de 69e aanvulling)

3/19.7 **Principes van de toetsenbord elektronica**
(verschenen in de 71e aanvulling)

3/19.8 **Principes van muizen**
(verschenen in de 70e aanvulling)

3.19.9 **Principes van de beeldscherm elektronica**
(verschenen in de 76e, 77e en 78e aanvulling)

3/19.10 **De opstart-procedure van de PC**
(verschenen in de 79e aanvulling)

3/19.11 **Principes en werking van printers**
(verschenen in de 81e, 82e en 83e aanvulling)

3/19.13 **Principes van video-integratie**
(verschenen in de 99e aanvulling)

3/19.14 Waterkoelingstechnologie voor snelle processoren

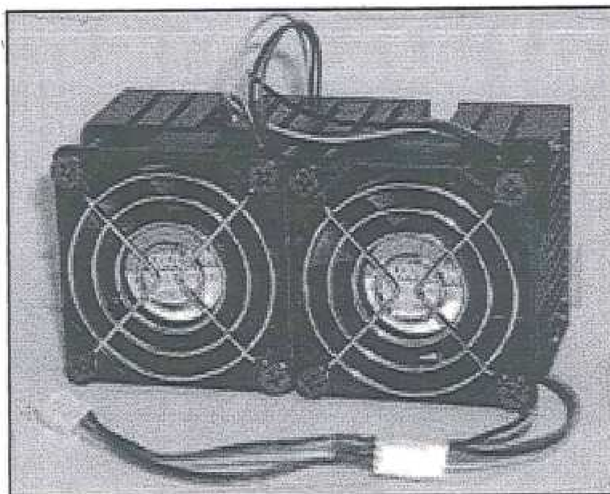
(verschenen in de 102e aanvulling)

3/19.14

Waterkoelingstechnologie voor snelle processoren

Hitte wordt een steeds groter probleem

Een échte "radiateur"
Wie wel eens de motorkap van een PC openschroeft stelt vast dat de elektronica steeds minder plaats inneemt. De kast is zo goed als leeg op één onderdeel na dat zéér prominent aanwezig is: de "radiateur" op de processor. Er wordt met opzet van een radiateur en niet van koelplaat gesproken, zoals vroeger het geval was. Het onderdeel vertoont inderdaad wel wat gelijkenis met de radiateur van een auto. Een groot massief aluminium meestal zwart geschilderd blok, voorzien van één of soms wel twee ventilatoren voor geforceerde luchtkoeling, zie figuur 3/19.14-1.

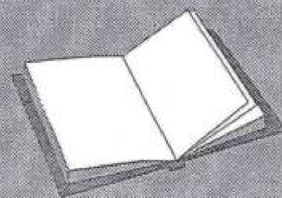


Figuur 3/19.14-1: De koeling van een moderne snelle processor vertoont meer gelijkenis met een radiateur dan met een ouderwetse koelplaat.

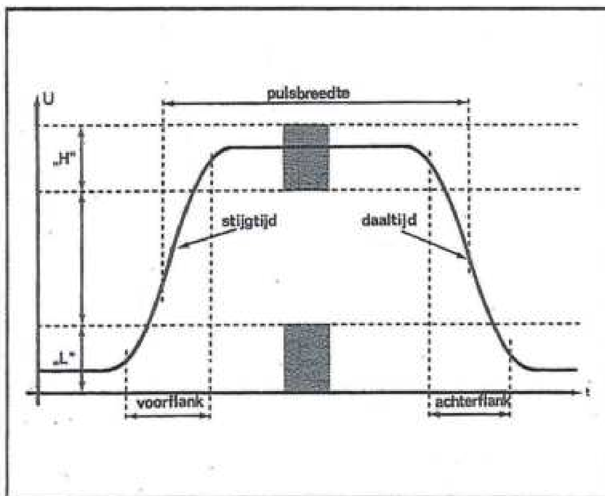
Stroom wekt warmte op
Elektrische stroom die door een geleider vloeit wekt warmte op. Een natuurwet waar zelfs moderne PC-bouwers niet aan kunnen ontkomen. En is een moderne GHz-processor, met zijn miljoenen onderdelen en zijn kloksnelheid van meer dan 1 GHz, vloeit nogal wat stroom. De processor wordt dus flink heet, zeker als men voortdurend processorintensieve toepassingen draait, zoals het beluisteren van MP3-muziek of het afspelen van DVD's.

Zonder koeling zou de processor binnen de minuut letterlijk smelten! Die noodzakelijke intensieve koeling stelt de systeembouwers voor nogal wat problemen. Ener-

LEES OOK:
geen verwijzingen



zijds dwingt de moordende concurrentie tot het op de markt brengen van steeds goedkopere systemen, anderzijds dwingt het moderne intensief PC-gebruik tot steeds uitgebreidere koeling. De moderne koelsystemen zijn peperduur en dus wordt nét dat geïnstalleerd dat nét voldoende koelt om de processor in leven te houden.



Figuur 3/19.14-2: De niet oneindig kleine schakeltijden zijn een belangrijke oorzaak van de warmteontwikkeling in een processor.

Schakelen kost ook energie

De zeer hoge kloksnelheden van de moderne processor dragen ook nog op een andere manier bij aan de warmteontwikkeling in de chip. Processoren werken digitaal, alle transistoren schakelen dus hun uitgang naar "L" of naar "H", zie figuur 3/19.14-2. Maar dat schakelen gaat niet in een oneindig korte tijd. Zelfs met de moderne voor- en achterflanken die onder de ns liggen, zal de uitgangspuls van een transistor dus een bepaalde tijd tussen de "L" en de "H" "zweven".
Een transistor in een processor kan zich dus in drie toestanden bevinden:

- De transistor staat open
  Er vloeit dan geen stroom door het onderdeel hetgeen er per wiskundige definitie op neer komt dat er ook géén vermogen in het onderdeel wordt verbruikt, de warmtedissipatie is dus nul.
- De transistor staat gesloten
  Er vloeit nu wél stroom door het onderdeel en het vermogen dat in de transistor wordt opgewekt hangt af van de spanning over de transistor en van de inwendige geleidingsweerstand van het onderdeel. Beide worden tegenwoordig zo laag mogelijk gemaakt. Moderne processoren werken al men een zogenoemde "core"-spanning van minder dan 2,5 V. Er wordt in deze toestand dus wel wat warmte opgewekt, maar dat is minimaal.
- De transistor zit in de voor- of de achterflank van het schakelen
  Op dát moment vloeit er een vrij grote stroom door het onderdeel, terwijl de inwendige weerstand bezig is om te schakelen van (theoretisch) oneindig hoog naar oneindig laag (of vice versa). Er wordt nu dus een behoorlijke hoeveelheid warmte gegenereerd.

Dit alles is géén groot probleem als de schakelsnelheid van de transistoren vrij laag is. Als de "L"- en "H"-perioden van het uitgangssignaal bijvoorbeeld gemiddeld 1 ms lang zijn en de schakeltijden bedragen 10 ns, dan zal de transistor maar één tienduizendse van de tijd in een situatie verkeren, waarin veel warmte wordt gegenereerd. Gedurende de lange "L"- en "H"-perioden kan het onderdeel de gegenereerde warmte gemakkelijk afstaan aan de chip, de behuizing van de processor en de buitenwereld. Als echter de kloksnelheid wordt opgeschroefd tot in het GHz-gebied, dan zullen de voor- en achterflanken een zeer groot deel van de totale pulstijd in beslag nemen. Met andere

woorden: de transistor zit bijna steeds in een situatie waarin veel warmte wordt gegenereerd. Zonder speciale koeltechnieken zou de warmte niet kunnen worden afgevoerd en zou de processor sneuvelen.

Aan- en uitschakelen is op termijn dodelijk
Het gevolg is dat de processor opwarmt tot de grens van wat het onderdeel nog nét kan verdragen. Op zich géén probleem, ware het niet dat een andere natuurwet parten speelt. Iets dat opwarmt zet uit, iets dat afkoelt krimpt. Als een PC dus vaak aan en uit wordt gezet zal de peperdure processor voortdurend afkoelen tot kamertemperatuur en nadien weer opwarmen tot een temperatuur van vér boven de honderd graden. Door het steeds opnieuw uitzetten en krimpen van de behuizing ontstaan mechanische spanningen in het onderdeel die op termijn tot beschadiging leiden. Beschadigingen die meestal het levenseinde van dit duurste onderdeel van een PC inluiden.

Water koelt beter dan lucht
Het zou dus heel verstandig zijn een processor niet iedere keer opnieuw tot zijn maximale bedrjfstemperatuur op te warmen. Lagere bedrijfstemperaturen hebben minder mechanische spanningen tot gevolg. Maar dan zouden de radiateuren nog groter en nog duurder moeten worden dan ze nu al zijn.
Er is echter een voor de hand liggende oplossing. De radiateur in een auto koelt het motorblok in de meeste gevallen niet met lucht maar met water. Het gloeiend hete water wordt rondgepompt en in de radiateur met geforceerde luchtstroming afgekoeld. Waarom dit systeem niet toepassen op een processor? Water heeft immers een veel grotere warmtecapaciteit dan lucht, met als gevolg dat water veel beter in staat is de warmte-ontwikkeling in de processor af te voeren.

Een lekker koel en stil systeem
Waterkoeling heeft nog andere voordelen. Aangezien de warmte bij een goed aangelegd systeem wordt afgevoerd vanuit de kast naar buiten zal de temperatuur in de kast ook dalen, de processor is immers de belangrijkste hittebron in de kast. Waterkoeling leidt dus tot een lagere temperatuur van de gehele computer. Een factor waar vaak minder op wordt gelet, is de geluidsproductie. Doordat het aantal fans om de PC te koelen flink kan worden teruggebracht (tot 1 of 2) zal het geluidsniveau dramatisch afnemen. Een beter gekoeld systeem met minder geluidsproductie dus!

Een verlate één april grap?
Écht niet! Waterkoeling van processoren is een serieuze zaak aan het worden en verschillende fabrikanten brengen spullen op de markt waarmee men, als men tenminste geen twee linkerhanden heeft, in een mum van tijd de PC van waterkoeling voorziet. Tegenwoordig zijn er zelfs handige kits op de markt, waar alle noodzakelijke onderdelen in zitten én een uitgebreide handleiding. Waterkoeling installeren is tegenwoordig bijna nét zo gemakkelijk als een of andere nieuwe kaart monteren.

Het systeem

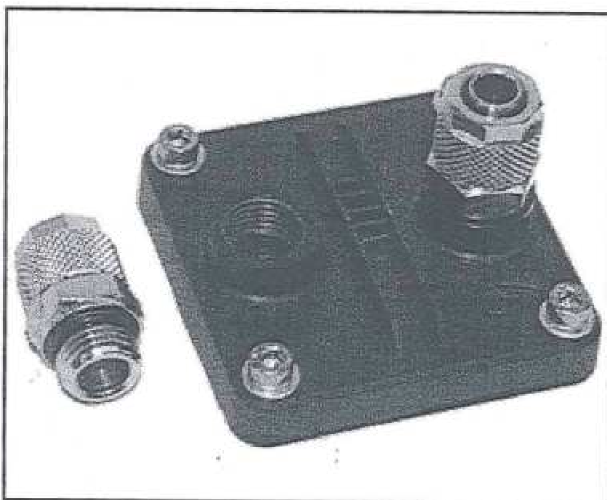
Wat is er minimaal nodig voor het inbouwen van een watergekoeld systeem? Dat valt wel mee:
– Een koelblok;

- Een waterslang;
- Een waterpomp;
- Een waterreservoir;
- Een radiateur.

In de volgende paragrafen worden deze onderdelen even nader bekeken.

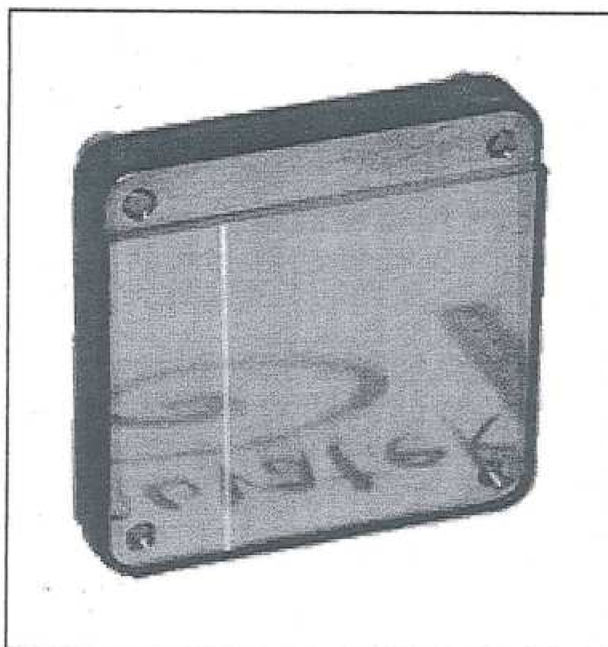
Het koelblok

De warmte van de processor afvoeren
Het koelblok komt in de plaats van de bestaande koelplaat op de processor te zitten en heeft als doel de warmte van de processor af te geven aan het water dat door het koelblok stroomt. Een watergekoeld blok is veel kleiner dan de grote koelplaat mét ventilator die nu op de processor zit.



Figuur 3/19.14-3: Een voorbeeld van een koelblok met waterkoeling.

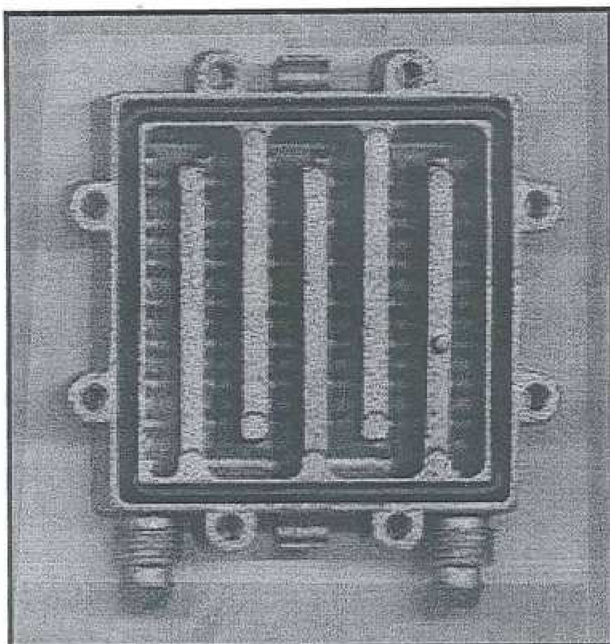
Koelblokken zijn van koper of aluminium. Koper geleidt de warmte iets beter dan aluminium, maar een goed ontworpen aluminiumblok neemt meer hitte van de processor weg dan een slecht koperblok. Maar, hoe dan ook, elk waterblok functioneert véél beter dan welke luchtkoeler dan ook! Koelblokken zijn in diverse uitvoeringen leverbaar en natuurlijk ook voor alle processormodellen. In figuur 3/19.14-3 wordt als voorbeeld de "InnovaFlat Flow-O-Matic" van Innovatek voorgesteld. Dit koelblok bestaat uit een koperblok van 60 bij 60 mm^2 en is slechts 18 mm hoog. Aan de bovenzijde bevinden zich twee klemmen waarmee men de waterslangen voor de aan- en afvoer van het koelwater absoluut lekvrij op het onderdeel kan bevestigen. De onderzijde van het koelblok is uiteraard absoluut glad afgewerkt, zie figuur 3/19.14-4, want deze bodemplaat wordt uiteraard op de behuizing van de processor bevestigd.



Figuur 3/19.14-4: De volledig glad afgewerkte onderzijde van het koelblok wordt op de behuizing van de processor bevestigd.

Op een lange waterweg komt het aan
Als men zo'n koelblok zou openslopen zou men vaststellen dat het koperen of aluminium blok in een zigzagvormig patroon is uitgefreesd, zie figuur 3/19.14-5.

Dat is logisch, want het water moet zo lang mogelijk door het blok stromen om zoveel mogelijk warmte af te voeren.



Figuur 3/19.14-5: Een opengesloopt koelblok: het koelwater stroomt zigzaggend door het metaal zodat zoveel mogelijk warmte wordt geabsorbeerd.

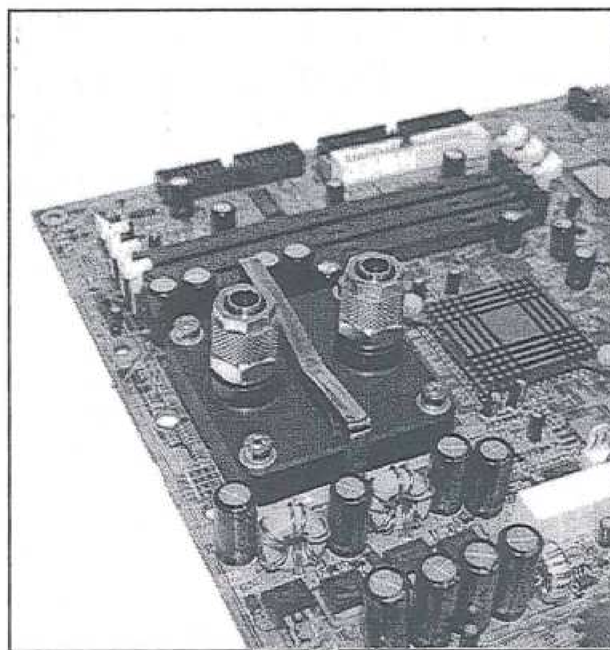
Deze kanalen hebben wél als nadeel dat de wrijving tussen het water en het "kanaal" vrij hoog wordt en er dus flink gepompt moet worden om de waterstroom op gang te houden.

Hier zit het kwaliteitsverschil

Er bestaan aanzienlijke prijsverschillen tussen de aangeboden koelblokken. De zorg die is besteed aan de interne afwerking van het koelblok heeft hier veel mee te maken. Soms zijn de kanalen tamelijk slordig uitgefreesd met niet al te gladde wanden (zoals in het voorbeeld van figuur 3/19.14-5), soms zijn deze koelgangen werkelijk perfect glad. Het zal duidelijk zijn dat in het eerste geval de doorstroming van het koelwater nogal wordt gehinderd. Tegenwoordig zijn er zelfs fabrikanten die gebruik maken van volledig gegoten aluminium blokken, waarbij de afwerking van het inwendige kanaal werkelijk perfect is. Deze aluminium koelers zijn echter peperduur.

Op de processor monteren

Het monteren van een watergekoeld koelblok op de processor gaat net zo gemakkelijk als het monteren van een klassieke radiateur. Men moet er natuurlijk wél voor zorgen dat het juiste type voor de processormodel in huis wordt gehaald. In figuur 3/19.14-6 is te zien hoe zo'n koelblok met de gebruikelijke klem aan de voet van de processor wordt gevestigd.

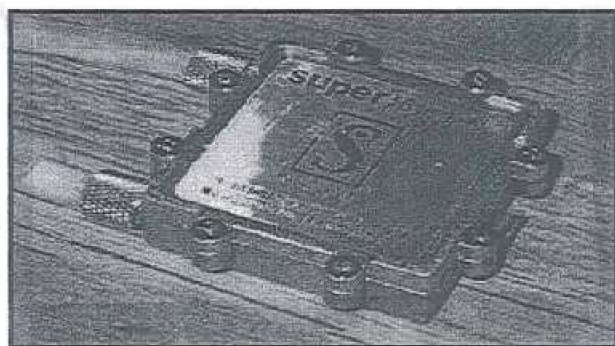


Figuur 3/19.14-6: Het monteren van een watergekoeld koelblok op de processor.

Diverse uitvoeringen

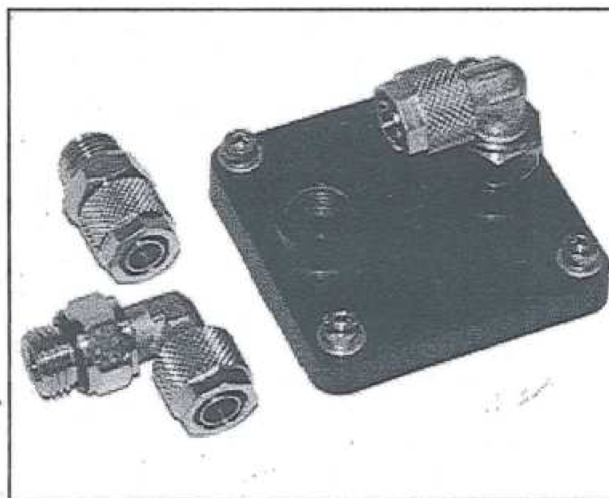
Ieder koelblok is, dat kan niet anders bij een radiateur, voorzien van twee aansluitnippels voor de aan- en afvoer van het

koelwater. Er zijn koelblokken waar deze nippels aan de bovenzijde zitten en koelblokken waar deze aan de zijkant zitten. Het tweede model heeft als voordeel dat het water gemakkelijker door de zigzagvormige kanalen in het blok kan stromen. Het groter voordeel van het eerste model is natuurlijk dat de aan- en afvoerslangetjes gemakkelijker op het koelblok worden aangesloten. In figuur 3/19.14-7 is als voorbeeld het koelblok H2O van Senfu voorgesteld, waar de slangetjes aan de zijkant worden aangesloten.



Figuur 3/19.14-7: Een alternatieve uitvoering van een koelblok met de aansluitnippels aan de zijkant van het koelblok.

Voor de meeste modellen met aansluitnippels aan de bovenzijde van het koelblok zijn adapters te koop, zodat men de slangetjes ook evenwijdig aan de printplaat van het moederbord kan aansluiten. In figuur 3/19.14-8 is dit voorgesteld voor het reeds eerder aangehaalde koelblok van de firma Innovatek. Dit kan handig zijn als men besluit niet alleen de processor te voorzien van waterkoeling, maar ook de grafische processor op de grafische kaart. Deze zit in een uitbreidingsslot en er is daar uiteraard geen ruimte op de slangetjes loodrecht op het koelblok aan te sluiten. In figuur 3/19.14-9 is een speciaal voor de waterkoeling van de grafische processor ontwikkeld koelblok voorgesteld van de firma 2Cool. Dit koelblok is extreem dun en de aansluitnippels nemen erg weinig ruimte in. Een en ander heeft tot gevolg dat er maar één slot verloren gaat.



Figuur 3/19.14-8: Adapters voor het radiaal aansluiten van de koelslangen op een axiaal koelblok.

Corrosie!

Het koelblok is spuitgegoten uit aluminium of gefreesd uit koper. Dit zorgt voor een hoge warmte-overdracht, hetgeen een wenselijke eigenschap is in een koelinstallatie. Het is echter onvermijdelijk dat bij gebruik van deze metalen galvanische corrosie optreedt. Dit beperkt de levensduur van het koelblok. Sommige waterkoelers gebruiken antivries om dit effect tegen te gaan. Sommige fabrikanten adviseren kant-en-klare koelvloeistof uit de autobranche, mits geschikt voor aluminium.

Fabrikanten

- 2Cool

  2Cool maakt een behoorlijk groot aluminium waterblok. In het blok zijn twee kanalen geboord, met een doorlaat

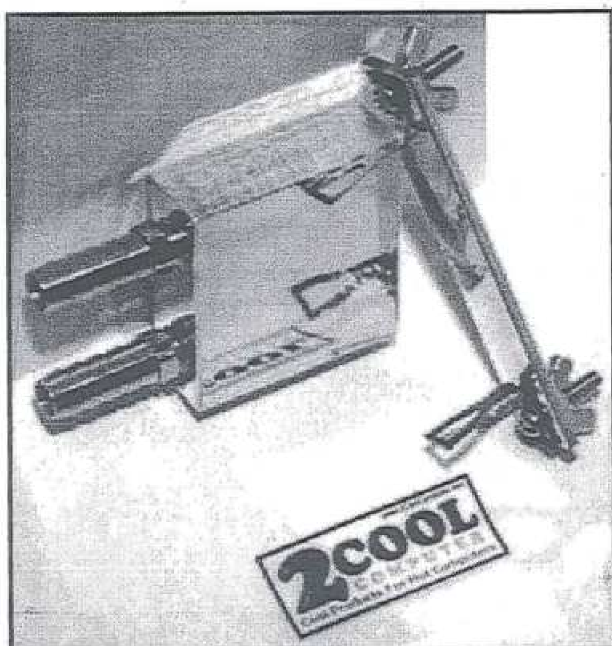
van 6 mm. Het blok is geheel hoogglans gepolijst.

- Aquacool
  Aquacool maakt koelblokken, welke geheel voorzien zijn van een verguld laagje. Dit gaat corrosie tegen. De aansluitingen zijn 6 mm. Dit blok komt met een keur aan klemmen, om de koeler op vrijwel alle gangbare processoren te kunnen gebruiken. Deze koeler wordt enkel in een set samen met slang en pomp verkocht. De Deluxe versie komt in geschenkverpakking, met als extra een videokaart koeler.
- Danger-Den
  Danger-Den maakt koperen koelblokken, welke met een frees voorzien worden van een kanalenstelsel. Hierna wordt een deksel op het koelblok gesoldeerd. Op de Danger-Den site is te zien hoeveel druk het blok aankan, voordat het kapot gaat. Dit is behoorlijk indrukwekkend.

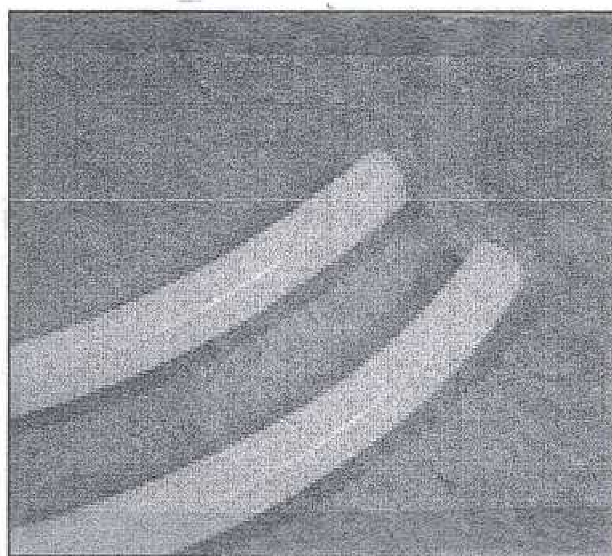
De waterslang

Aan- en afvoeren van het koelwater

Om het koelwater in het koelblok te krijgen en weer af te voeren, kan men slang of buis gebruiken. Slang is uiteraard de gemakkelijkste optie, u bent immers waarschijnlijk geen gediplomeerd loodgieter. Slang is in diverse maten, materialen en kwaliteit te koop. De maat moet uiteraard zijn afgestemd op de nippels van het koelblok, de pomp en de radiateur. Koop kwalitatief hoogwaardige slang, het zal wel niet noodzakelijk zijn om te waarschuwen tegen de gevaren van lekkages in een PC! Deze slangen lijken een beetje op normale aquariumslang, maar volgens de fabrikant is de kwaliteit onvergelijkbaar veel beter, zie figuur 3/19.14-10.



Figuur 3/19.14-9: Een extreem dun koelblok voor montage op printen die in de uitbreidingssloten zitten.

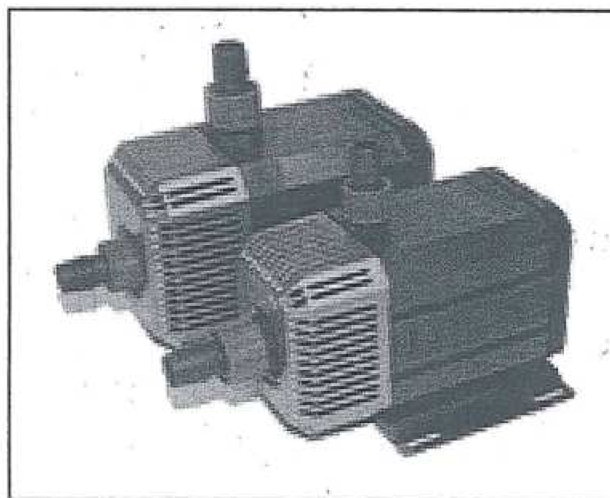


Figuur 3/19.14-10: De waterslangetjes zorgen voor het transport van het koelwater tussen de verschillende onderdelen van het systeem.

Hoe flexibeler, hoe beter

Een flexibele slang, zoals siliconenslang, is makkelijker aan te leggen, en geeft minder kans op lekkage, omdat een flexibele slang minder snel van een koppeling afschiet. Om te voorkomen dat een slang van de koppeling afschiet, kan de slang erop vastgeklemd worden met een tiewrapje. In het meest gunstige geval is het koelblok voorzien van nippels in paddestoelvorm, waar de slang stevig overheen gedrukt wordt. Zorg er in ieder geval voor dat de slang klein genoeg is om uit zichzelf stevig om een aansluiting heen te klemmen. Eventueel kan door het eind van de slang warm te maken deze makkelijker over een aansluiting geschoven worden. Let er ook op dat de slang zich in de bochten niet platknijpt. Dit is vooral van toepassing op goedkopere, stuggere slang. Soepele siliconenslang heeft dit nadeel niet, maar is wel duurder.

In figuur 3/19.14-11 zijn twee pompen voorgesteld van het fabrikaat Eheim. Dat zijn géén aquariumpompen maar échte centrifugaalpompen met een debiet van respectievelijk 5 en 10 liter per minuut. Bovendien zijn deze pompen extreem geluidsarm, iets dat van aquariumpompen niet per definitie gezegd kan worden.



Figuur 3/19.14-11: Deze pompmodellen van AHEIM werken volgens het centrifugaal principe.

De pomp

Op pompen komt het aan

De pomp is het belangrijkste onderdeel van een waterkoeling, want als dit onderdeel het begeeft is de ramp niet te overzien. Er bestaan uiteraard diverse modellen en uitvoeringen. De pomp kan een eenvoudig model zijn dat op 12 V draait, of een model dat op de netspanning van 230 V loopt. Sommige leveranciers van waterkoelingsystemen doen er niet moeilijk over. Pompen die voor aquaria worden gebruikt zijn blijkbaar uitstekend in staat dit alternatief klusje te klaren. Let er echter wél op dat nogal wat materiaal afkomstig is uit Amerika of Taiwan en dat netgevoede pompen daar op 110 V draaien.

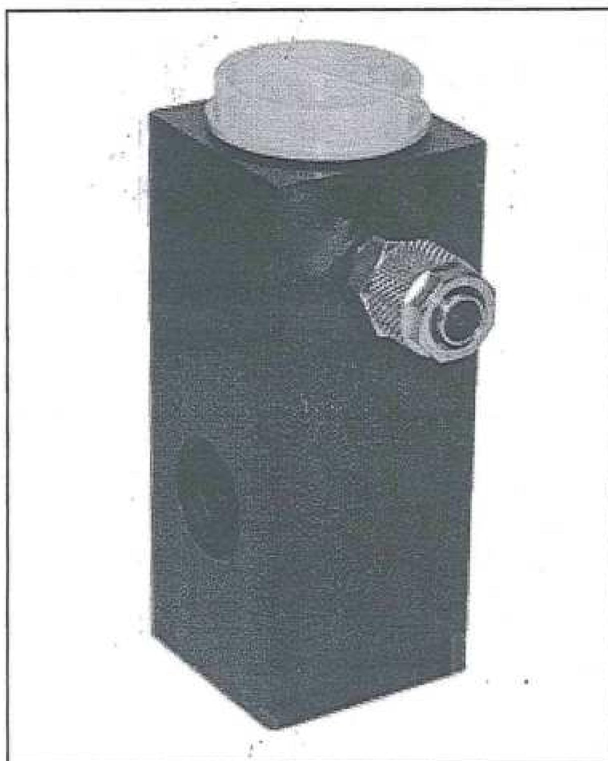
Impeller-pompen (de meeste aquariumpompen) kunnen probleemloos afgeknepen worden met een instelbare knijper op de slang als de stroomsnelheid te hoog is. Meestal is dit echter niet noodzakelijk, want bij een waterkoeling is de pomp meestal al behoorlijk afgeknepen door kleine slangen, kleine doorvoeren en een hoge stromingsweerstand. Dit is niet schadelijk voor de pomp.

Belangrijke opmerking

Laat, voor de pomp aan te zetten, eerst het pomphuis vollopen met water. Dit voorkomt dat de pomp droog loopt en kapot gaat. Dit is doodsoorzaak nummer één voor waterpompen!

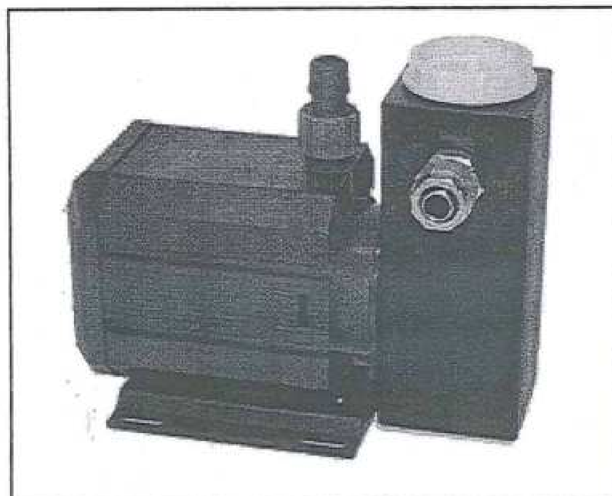
Het reservoir

Een voorraadje water is wél zo handig
Natuurlijk moet het systeem worden gevuld met water. Daarvoor zijn handige reservoirs op de markt, de op de achterzijde van de PC-kast worden gemonteerd. In figuur 3/19.14-12 wordt als voorbeeld de "Ausgleichsbehalter" van AHEIM gepresenteerd. Dit tankje is gemaakt uit geloxeerd aluminium en is aan de bovenzijde voorzien van een groot afgedicht gat voor het bijvullen van het systeem.



Figuur 3/19.14-12: Een voorraadvat zorgt voor voldoende watervoorraad in het koelsysteem.

Bij sommige systemen worden pomp en reservoir tot één geheel samengebouwd, zie figuur 3/19.14-13. Kwestie van voorkeur, maar of dat érg handig is, is maar de vraag!



Figuur 3/19.14-13: Bij het systeem van Eheim worden pomp en voorraadvat tot één geheel samengebouwd.

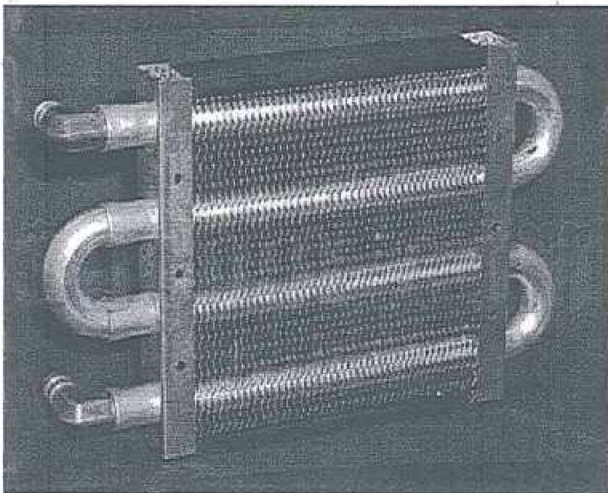
De radiateur

Heet water wordt gekoeld
De radiateur moet het warme water weer koelen nadat het door de processor is verwarmd. Een radiateur wordt in de slang opgenomen tussen het koelblok en het reservoir, of tussen het reservoir en het koelblok.

Diverse uitvoeringen
Radiateuren zijn er in alle maten, soorten en uitvoeringen. In de eenvoudigste uitvoering wordt het water door een zigzagvormige metalen pijp gevoerd, die voorzien is van koelribben. Het geheel kan tegen de achterzijde van de systeemkast worden bevestigd en het is de bedoeling dat de circulerende lucht voor voldoende koeling zorgt, zie figuur 3/19.14-14.

Radiateur met geforceerde koeling
Toch is het niet verstandig een dergelijke radiateur aan te schaffen. Als men tóch

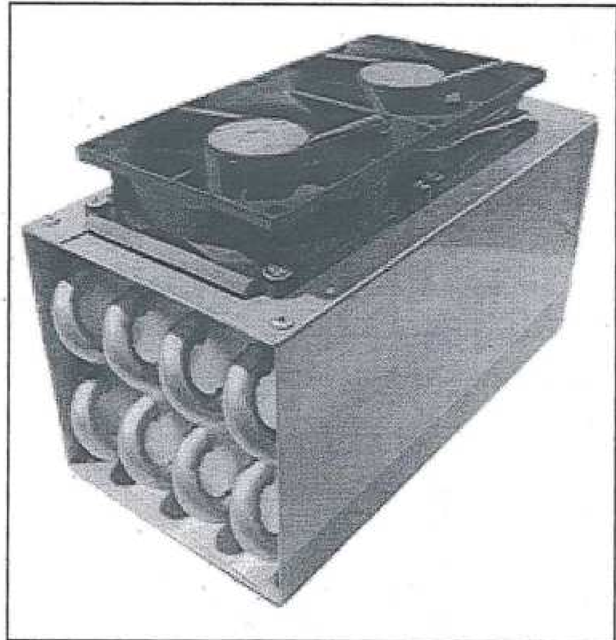
bezig is kan men meteen het beste van het beste installeren. Kies dus een radiateur die is voorzien van een of twee ventilatoren, die zorgen voor een geforceerde warmte-overdracht tussen het koelwater en de lucht. In figuur 3/19.14-15 wordt de "Dual Fan Radiator" van de firma Senfu voorgesteld. Bij dit model wordt het hete water door een uitgebreid pijpensysteem gevoerd dat via koelribben en twee ventilatoren op kamertemperauur wordt gehouden. Zoals uit de foto van figuur 3/19.14-19 blijkt, hetzelfde model maar dan van de andere kant bekeken, is deze radiateur uitgebreid voorzien van koelribben waar de koellucht doorheen stroom. Een en ander staat garant voor een optimale warmte-uitwisseling tussen het koelwater en de omgevingslucht.



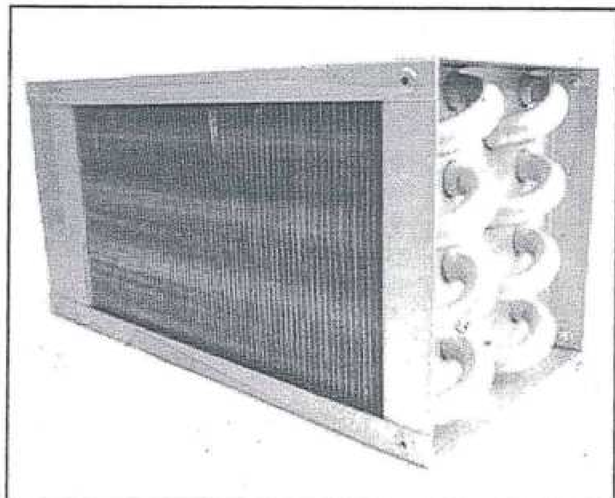
Figuur 3/19.14-14: De eenvoudigste uitvoering van een radiateur: de warmtewisseling tussen water en lucht gebeurt door natuurlijke convectie.

Plaatsing van de radiateur

De radiateur kan op drie manieren geplaatst worden: in de ingaande luchtstroom de kast in, in de uitgaande luchtstroom de kast uit, of geheel buiten de kast. Het voordeel van de laatste twee oplossingen is dat de warmte van de processor niet in de kast terecht komt, waardoor verdere fans waarschijnlijk overbodig zijn.



Figuur 3/19.14-15: De "Dual Fan Radiator" van Senfu.



Figuur 3/19.14-16: De koelribben in de "Dual Fan Radiator" van Senfu zorgen voor een maximale warmte-uitwisseling tussen water en lucht.

Het mooiste is dus de radiateur te plaatsen in de luchtstroom naar buiten. Door toepassing van waterkoeling zal de temperatuur in de kast niet hoog zijn. Warmte van de processor wordt niet de kast alsnog ingeblazen, maar wordt de kast uitgeblazen.
Door alle onderdelen van het systeem in de kast te houden is het systeem natuurlijk wél minder gevoelig voor storing.

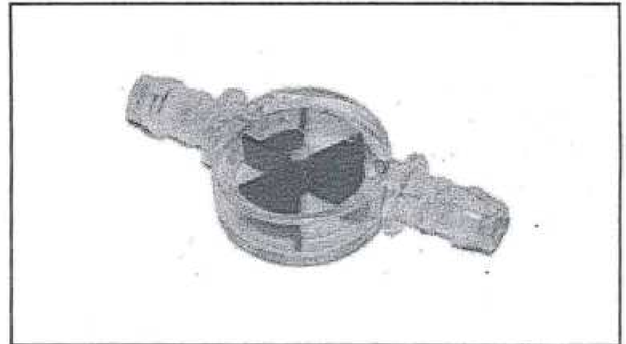
Extra's

Dat was het, of toch niet?

In principe bestaan een waterkoelingssysteem dus niet uit erg veel onderdelen. Toch is er één extra dat in de meeste bouwpakketten ontbreekt en onmisbaar is.

Een flowmeter

Doet hij het wél of doet hij het niet? Een belangrijke vraag, want als het mooi waterkoelingsysteem in de fout gaat kost dat de dure processor. Vandaar dat ten stelligste wordt aangeraden een flowmeter in het systeem op te nemen. Het principe is bekend van de benzinepomp. Een vaantje zit in de stromende vloeistof. Draait het vaantje, dan pompt het systeem water naar de hete processor. Staat het vaantje stil, dan is er iets mis en moet de PC onmiddellijk worden uitgeschakeld.
In figuur 3/19.14-17 wordt de "Flow-O-Matic" van Kavan voorgesteld. Het apparaatje is voorzien van aansluitingen met een diameter van 9,8 mm en wordt simpelweg ergens in een van de slangen opgenomen. Het is uiteraard wél de bedoeling dat dit apparaatje ergens goed zichtbaar wordt gemonteerd, want anders heeft men er nog niets aan.



Figuur 3/19.14-17: De flowmeter van het systeem: een duur woord voor een eenvoudig en goedkoop onderdeeltje dat in feite onmisbaar is.

Thermometers

Door verschillende leveranciers van waterkoelingssystemen worden digitale thermometers aangeboden, die de temperatuur van het koelwater bewaken. Een veel beter, maar ook veel duurder systeem dan de simpele flowmeter. Er zijn uiteraard exemplaren die met de PC communiceren via een seriële poort of een USB-connector. De bijgeleverde software zorgt dat er een alarmvenster op de monitor verschijnt op het moment dat de temperatuur van het koelwater boven een bepaalde grens stijgt. Een héél luxueus systeem dat de dure ingewanden van de moderne PC optimaal beschermt!

Fabrikanten en leveranciers

Fabrikanten

Er zijn inmiddels heel wat fabrikanten in de waterkoeling gesprongen. Vreemd genoeg hebben wij geen enkele Europese fabrikant kunnen ontdekken. De grote

spelers op deze markt zijn Amerikaanse en Taiwaneese bedrijven, zoals:
- Senfu, www.senfu.com.tw;
- Aquacool, www.aquacool.com;
- Danger-Den, www.dangerden.com;
- 3D-Cool, www.3dcool.com.

Nederlandse leveranciers
Diverse bedrijven leveren onderdelen en complete set's voor het inbouwen van een waterkoelingsysteem.
- De Regenboog
  Deze grote PC-leverancier uit het zuiden des lands stelt op de site www.regenboog.nl een uitgebreid assortiment onderdelen en ook en paar complete set's voor.
- OC Shop
  Dit bedrijf is gespecialiseerd is allerlei buitenissigheden in en rond de PC. Waterkoeling mag dus niet ontbreken. Op www.oc-shop.nl kan men on-line waterkoelingen bestellen.
- Conrad Elektronica
  Dit aan iedere elektronicus bekende filiaal van de grootste Duitse elektronica leverancier heeft géén losse onderdelen in de verkoop, maar maakt het gemakkelijk door een complete set aan te bieden die op alle processoren past. Deze set is samengesteld door het Duitse bedrijf Innovatek uit onderdelen van diverse merken. Voor EURO 259,00 kan men op www.conrad.nl deze koelset on-line bestellen.

3/98

Van principes naar praktijk: denken in hoog en laag

Inhoud

3/98.1 **Inleiding**
(verschenen in de 97e aanvulling)

3/98.2 **Werken met de TTL-trainer**
(verschenen in de 97e aanvulling)

3/98.3 **Werken met poorten en inverters**
(verschenen in de 97e aanvulling)

3/98.4 **Werken met flip-flop's**
(verschenen in de 98e aanvulling)

3/98.5 **Werken met tellers**
(verschenen in de 98e aanvulling)

3/98.6 **Experimenteren met coïncidentie**
(verschenen in de 102 aanvulling)

3/98.7 **Poorten als flip-flop's**
(verschenen in de 102e aanvulling)

3/98.6

Experimenteren met coïncidentie

Inleiding

Coïncidentie betekent in het normale spraakgebruik "samenloop van omstandigheden".

Ook in de digitale elektronica wordt onder deze term een gelijkaardig begrip verstaan. Als twee of meerdere pulsen in een systeem op hetzelfde moment ontstaan, dan zeggen we dat deze pulsen coïncident zijn.

Poorten, zoals de NAND, lenen zich uitstekend voor het opsporen van bepaalde nuttige coïncidenties in elektronische schakelingen. Poorten hebben immers de eigenschap dat de uitgang alleen reageert op bepaalde combinaties van spanningen op de ingangen.

Voor de nieuwe abonnees

Lezers van dit naslagwerk, die een abonnement hebben afgesloten ná de overname van deze publicatie door Vego VOF, hebben natuurlijk niet de vorige hoofdstukken uit dit deel. De schakeling waarop deze experimenten worden uitgevoerd is de "TTL-trainer".

De bouwbeschrijving staat op de internetsite van de uitgever en wel op www.vego.nl/3/1/10/3_1_10.htm.

Voor het gemak geven wij hierbij nogmaals de lay-out van het bedieningspaneel van deze trainer, zie figuur 3/98.6-1.

Experiment 1:
De NAND als coïncidentie-schakeling

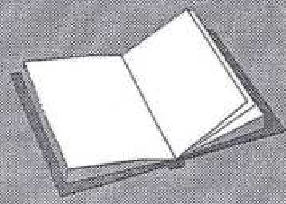
Als voorbeeldje van een coïncidentieschakeling bespreken wij een systeem dat in staat is een puls op te wekken als een teller aan zijn derde puls toe is.

Een tienteller zoals de 7490, verborgen in de "BCD encoder" van de "TTL-trainer", telt continu pulsjes. De bedoeling is dat er een uitgangspuls wordt opgewekt telkens als het IC de derde puls van de telcyclus telt. Of met nog andere woorden: als de vier uitgangen van de tienteller worden verbonden met de "BCD decoder", dan moet telkens als het display "drie" aanwijst een LED-je gaan branden of doven. Voor alle andere cijfers moet dat LED-je gedoofd zijn (of branden, voor het tweede geval). Hoe lossen we zo'n probleem op?

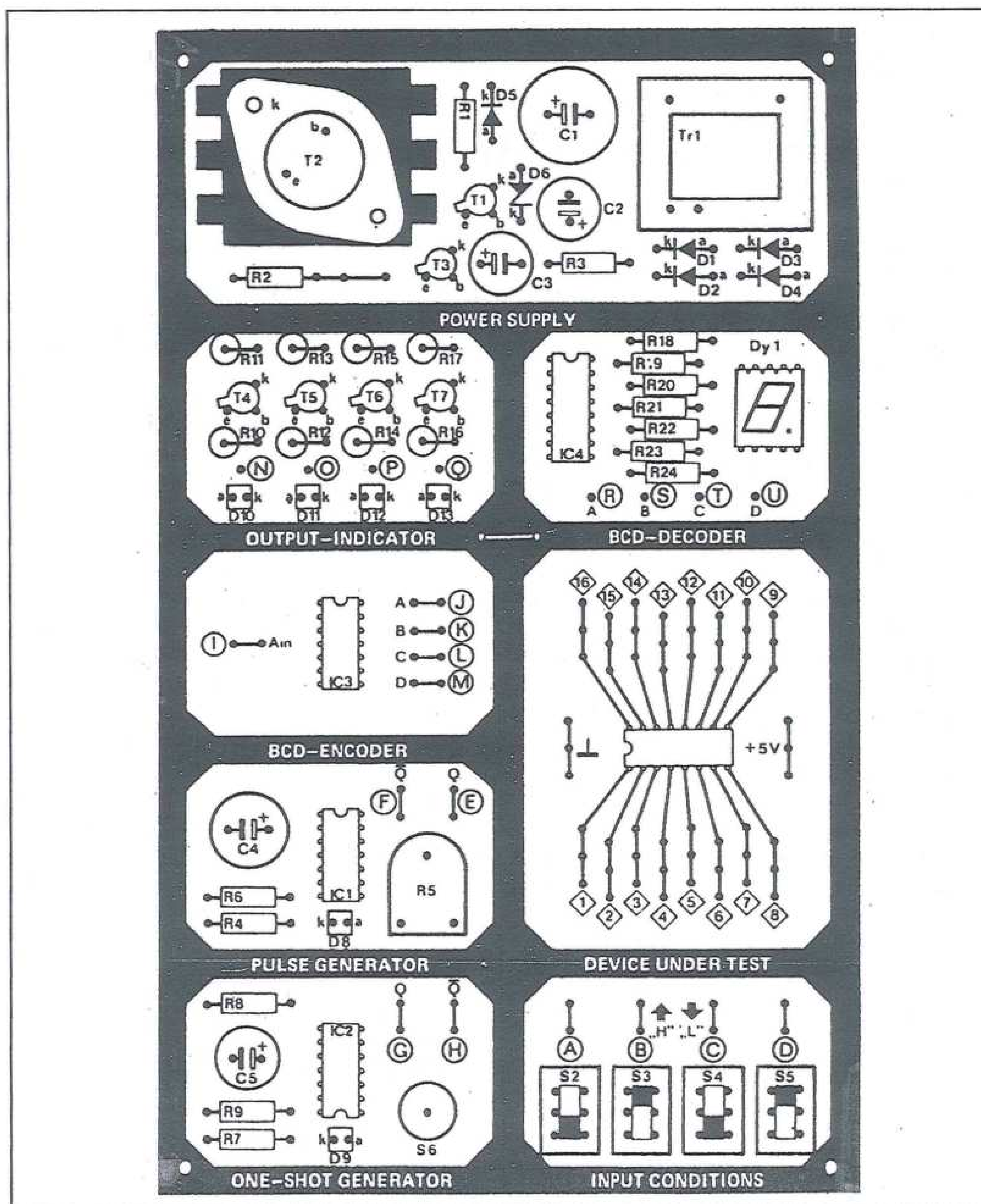
Allereerst gaan we onderzoeken wat speciaal is aan de spanningen op de uitgang van de tienteller bij het tellen van de derde puls.

LEES OOK:

Hoofdstuk 3/6.3.2.4
Hoofdstuk 3/6.4
Hoofdstuk 3/98.1
Hoofdstuk 3/98.2



98.6 Experimenten met coïncidentie



Figuur 3/98.6-1: Het frontplaatje van de TTL-trainer.

98.6 Experimenten met coïncidentie

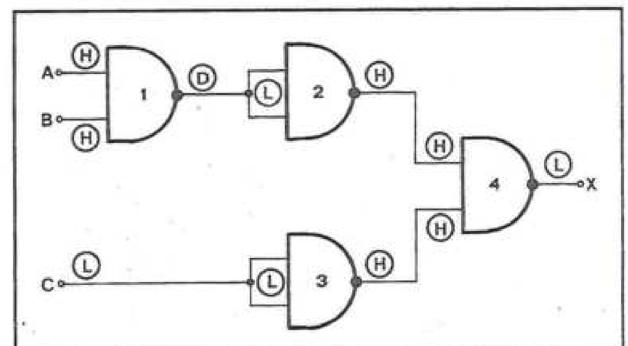
De tabel van figuur 3/98.6-2 geeft nog eens de uitgangscodes van een tienteller, voor alle 10 stappen van de telcyclus.

aantal pulsen	A	B	C	D
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	L
7	H	H	H	L
8	L	L	L	H
9	H	L	L	H

Figuur 3/98.6-2: De waarheidstabel van een tienteller. Uit deze tabel blijkt dat de toestand "drie" volledig wordt bepaald door de informatie op de uitgangen A, B en C.

Bij de derde puls staat er op de A-, B-, C- en D-uitgangen respectievelijk "H-H-L-L". Nu gaan we bekijken of er uitgangen zijn die bij het tellen van de derde puls een unieke combinatie van "H" en "L" vertonen. Een combinatie van logische signalen, die typisch is voor de derde puls. Natuurlijk is de combinatie van A, B, C en D specifiek voor de derde getelde puls. Maar wat we moeten onderzoeken is of er ook niet een combinatie van "L" en "H" bestaat op drie of zelfs twee uitgangen, die uniek is voor de derde tellerpuls. Een voorbeeldje: bij de negende puls is niet alleen de volledige combinatie van de vier signalen uniek voor die stand, maar ook de combinatie van A en D. Deze zijn dan beide "H" en dat komt bij geen enkele andere tellerstand voor.

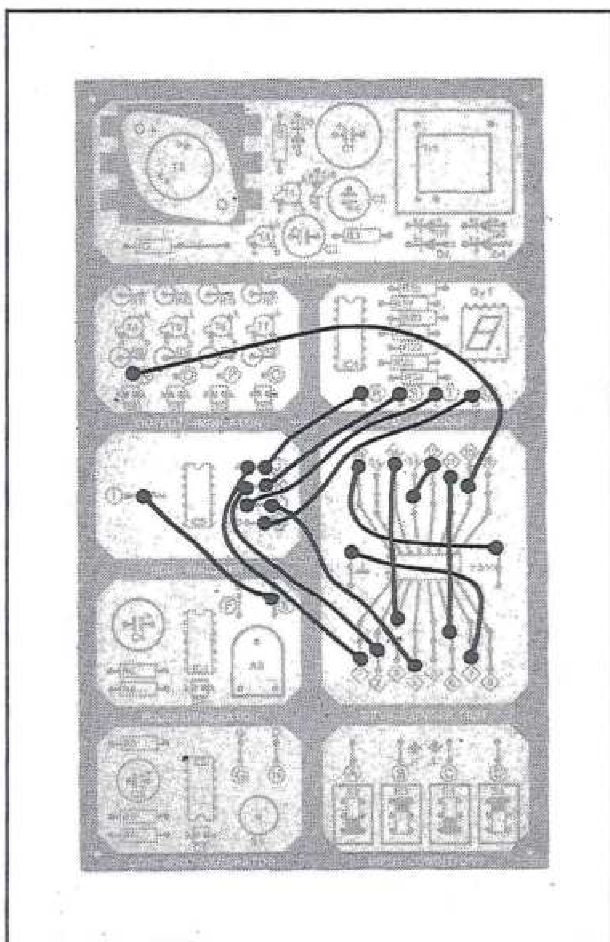
Na ampel beraad blijkt dat ook de combinatie van A, B en C specifiek is voor tellerstand drie. Deze combinatie "H-H-L" komt nergens anders voor.
Deze drie uitgangen moeten nu door middel van poorten worden omgevormd tot een uitgangssignaal dat "L" of "H" wordt, dan en alleen dan als A en B "H" zijn en C "L" is.
Het schemaatje is getekend in figuur 3/98.6-3.



Figuur 3/98.6-3: Het schema voor het eerste experiment.

We moeten dus alle poorten van de SN7400 voor deze klus inschakelen. De bedrading op de TTL-trainer wordt nu wel een beetje ingewikkeld, zie figuur 3/98.6-4, het beste bewijs dat nu écht wel met complexe schakelingen wordt gewerkt.
De volgende punten worden doorverbonden:
E -I; M - U; L - 4; L - T; K - 2; K - S; J- 1; J - R; 3 - 14; 6 - 11; 12 - 13; 10 - N; 7 - massa; 16 - +5 V
We verbinden de uitgangen van de tienteller uit de "BCD encoder" ook met de "zevensegment uitlezing", zodat we het tellen van de pulsjes kunnen volgen. De uitgang van de schakeling rond de SN7400 wordt met een LED verbonden, de ingang van de teller wordt gestuurd

door middel van de pulsen van de "puls generator".



Figuur 3/98.6-4: De bedrading op de TTL-trainer voor het eerste experiment.

We stellen, na inschakelen van de TTL-trainer, vast dat de LED D10 brandt bij alle tellerstanden, maar dooft bij de derde puls.
Het doel is bereikt, uit de tien mogelijke situaties is er eentje uitgepikt, waarmee we in een praktische schakeling een of andere elektronische schakeling kunnen sturen.

Zélf aan de slag!
Alles mooi en wel, maar hoe ontstaat de schakeling van figuur 3/98.6-3? Voor het zelf uitwerken van dergelijke coïncidentie-schakelingen met NAND-poorten zijn enige richtlijnen te geven. NAND-poorten reageren op twee hoge signalen aan de ingang. Het is dus noodzakelijk alle ingangssignalen eerst om te werken tot hoge niveaus. A en B zijn "H", geen probleem en C kunnen we door middel van een NAND-poort (3) inverteren. Stonden poorten met drie ingangen ter beschikking, dan was het probleem opgelost. Dan moesten we alleen A, B en $\overline{C}$ (het geïnverteerde C-signaal) aan de drie ingangen van zo'n poort leggen. De uitgang werd dan "L" dan en alleen dan als alle ingangen "H" waren, dus bij de derde getelde puls. Omdat er poorten met slechts twee ingangen ter beschikking staan op de "TTL-trainer", moeten we in stappen werken.
Zo worden eerst A en B aangeboden aan de ingangen van poort 1. De uitgang wordt "L" als A en B "H" zijn. Die "L" kunnen we niet verder verwerken, vandaar dat het gecombineerde signaal $\overline{A * B}$ eerst wordt geïnverteerd door middel van poort 2.
Dit uitgangssignaal wordt samen met C toegevoerd aan de vierde poort. De uitgang X van die schakeling wordt "L" als A en B "H" zijn en als C "L" is.
Het ontwerpen van coïncidentie-schakelingen gaat dus in de volgende stappen:
- Stap 1:
  Kijken welke signalen voor de coïncidentie kunnen worden gebruikt.
- Stap 2:
  Een "waarheidstabel" opstellen, waarin alle optredende combinaties van "L" en "H" van die signalen worden opgetekend.

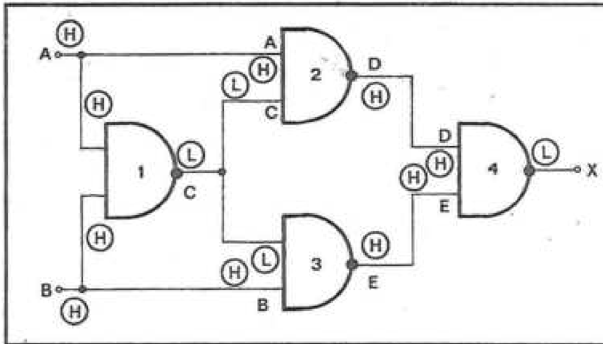
- Stap 3:
  Opzoeken welke signalen op het coïncidentie-tijdstip een unieke combinatie vormen van "L" en "H" vormen.
- Stap 4:
  Alle signalen, die op het coïncidentiemoment "L" zijn, door middel van een inverter omvormen in "H".
- Stap 5:
  De signalen twee aan twee aan NAND's aanbieden.
- Stap 6:
  De uitgangen van de NAND's wederom inverteren.
- Stap 7:
  Deze uitgangen twee aan twee in NAND's stoppen.

Zo wordt verder gegaan tot er twee signalen overblijven, die dan aan de laatste NAND worden aangeboden. De uitgang van die schakeling zal "L" worden op het coïncidentie-moment en voor alle andere voorkomende combinaties een "H" opwekken. Voor ingewikkelde problemen kan dat het gebruik van een heleboel poorten tot gevolg hebben. Nu bestaan er bepaalde rekenmethodes uit de Boolse algebra, waarmee de nodige schakeling aanzienlijk worden vereenvoudigd. We hebben echter beloofd in deze reeks niet ingewikkeld te gaan doen, vandaar dat we het hierbij laten. De meeste coïncidenties in de doe-het-zelf sfeer kunnen wel met enige poorten opgelost worden.
Door middel van de "TTL-trainer" kan eenieder nu gaan stoeien met het opstellen van andere coïncidenties, bijvoorbeeld de LED laten doven bij tellerstand 6, 7 of 8. Met de gegeven handleiding is dit zonder meer mogelijk.

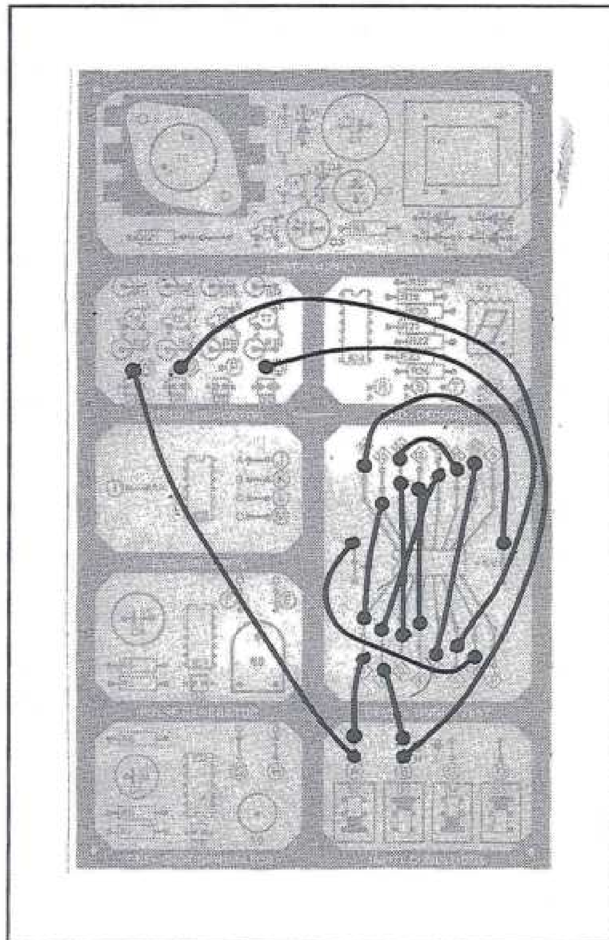
Tot slot
Coïncidentie-schakelingen zijn alles behalve leuke spelletjes, maar komen in iedere digitale schakeling voor. Een voorbeeld. Een digitale frequentiemeter doorloopt een bepaald programma. Eerst worden alle schakelingen gereset, dan worden de ingangspulsen gedurende één seconde geteld in een teller. Nadien wordt de inhoud van de teller opgeslagen in een buffergeheugen, Deze gegevens worden tot slot aangeboden aan de uitlezing. Dan begint een nieuwe meetcyclus. Er zijn dus een heleboel commando-pulsen nodig, die in de juiste volgorde en op het juiste ogenblik moeten worden opgewekt. Als de totale meetcyclus van de meter 1,6 seconde duurt, dan worden deze pulsen door middel van coïncidentieschakelingen afgeleid uit de vier uitgangen van een zestien-teller, die gestuurd wordt door pulsen van 10 Hz.

Experiment 2:
de NAND als logische vergelijker
In principe is dit voorbeeldje ook een van de vele mogelijke coïncidentieschakelingen. Wel een bijzondere en vaak toegepaste. Met een logische vergelijker wordt een schakeling bedoeld, die de logische niveaus op verschillende punten met elkaar vergelijkt en een uitgang opwekt, als alle punten ofwel "L" zijn, ofwel "H". De toepassingen liggen voor het grijpen: een digitale wekkerklok, waarbij we de ingestelde wektijd vergelijken met de echte tijd. Worden beide gelijk, dan moet een zoemer gestuurd worden. Het schema van een zo'n digitale vergelijker, opgebouwd uit NAND's en die twee signalen met elkaar kan vergelijken, is getekend in figuur 3/98.6-5. A en B zijn de te vergelijken ingangssignalen. De bedrading op de trainer volgt uit figuur 3/98.6-6. De ingangssignalen A en B worden nagebootst met twee schakelaars uit de "input conditions". Beide signalen, alsmede de uitgang

van de vergelijker sturen LED's van de "output indicators".



Figuur 3/98.6-5: Een digitale vergelijker, samengesteld uit vier NAND-poorten.



Figuur 3/98.6-6: De bedrading van de logische vergelijker op de "TTL Trainer".

Volgende punten worden doorverbonden:
A - N; A - 1; B - 0; B - 2; 1 - 15; 2 - 12; 3 - 14; 4 - 13; 5 - 10; 6 - Q; 11 - 14; 7 - massa; 16 - +5 V

Bij het aanschakelen van de trainer zal blijken dat de uitgangs-LED brandt als de signalen op A en B verschillen.

De werking van de schakeling is eenvoudig na te gaan. Eerst stellen we weer een waarheidstabel op, zie figuur 3/98.6-7, waarin we voor de vier mogelijke combinaties van A en B de niveaus op alle punten van de schakeling weergeven. De in cirkeltjes getekende niveaus in figuur 3/98.6-5 geven een van de mogelijkheden weer.

A	B	C	D	E	X
L	L	H	H	H	L
H	L	H	L	H	H
L	H	H	H	L	H
H	H	L	H	H	L

Figuur 3/98.6-7: De waarheidstabel van de schakeling van de logische vergelijker.

Ook bij deze schakeling geldt de bij het vorige experiment besproken procedure. We hebben nu twee situaties, waarbij een coïncidentie moet optreden, namelijk A en B gelijk aan "L" en A en B gelijk aan "H". Voor het tweede geval sturen we de ingangen rechtstreeks in een poort 1. Voor het eerste geval inverteren we A en B door middel van de poorten 2 en 3. Omdat deze poorten niet mogen werken als A en B "H" zijn, voeren we C toe aan de tweede ingangen. C is in dat geval "L"

en we weten ondertussen dat een NAND-poort blokkeert als een van de ingangen "L" is. De twee geïnverteerde signalen (D en E) sturen we in een laatste poort. De uitgang daarvan levert de gewenste uitgangsspanning.

Exclusive OR

Deze speciale schakeling heeft een eigen naam: exclusive OR of EXOR. Er zijn IC's op de markt die vier EXOR poorten bevatten en waarmee we dus de inhoud van twee tellers kunnen vergelijken.
De tabel van figuur 3/98.6-8 geeft de waarheidstabel van een EXOR-poort.
Dat deze poort, net als de NAND, een speciale uitdrukking heeft in de Boolse algebra zal niemand verbazen. Deze uitdrukking luidt:
$X = A \oplus B$

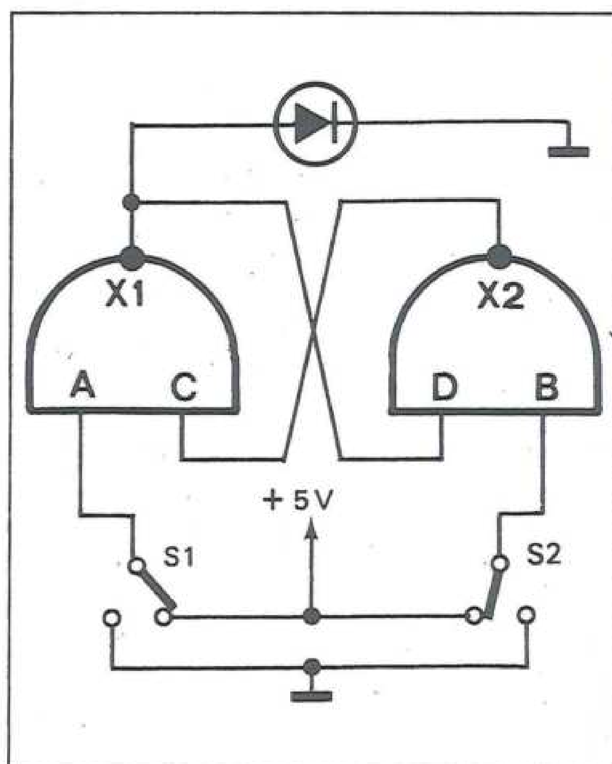
A	B	X
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

Figuur 3/98.6-7: De waarheidstabel van een EXOR-poort. De uitgang is "L" als de signalen op beide ingangen hetzelfde niveau hebben.

98.6 Experimenten met coïncidentie

3/98.7
Poorten als flip-flop's

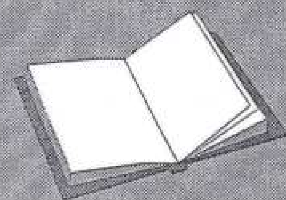
Inleiding
Het begrip flip-flop zal iedereen die zich met elektronica bezig houdt wel ooit gehoord hebben. Een FF is een digitale schakeling die in staat is informatie te onthouden. Een flip-flop is niets anders dan de fundamenteelste geheugencel van de logische elektronica. Er zijn zeer veel soorten FF's op de markt, allemaal onder de vorm van een IC. Een voorbeeld is gegeven in hoofdstuk 3/98.4, waar de SN7473 werd uitgetest. De meest eenvoudige soort, de set-reset flip-flop, kan echter heel gemakkelijk worden "nagemaakt" met losse poorten. Op de "TTL-trainer" hebben we de mogelijkheid deze schakeling met NAND-poorten na te bouwen.



Figuur 3/98.7-1: Het schema van de set-reset flip-flop.

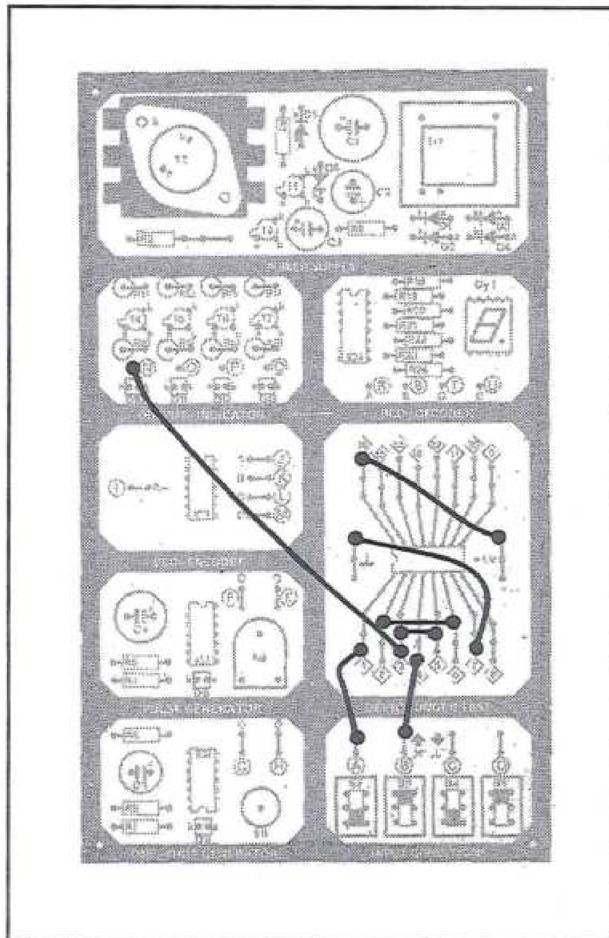
Experiment 1:
een flip-flop met NAND-poorten
Het schema van de schakeling is getekend in figuur 3/98.7-1. Het universele kenmerk van iedere flip-flop, namelijk dat de uitgangen van de poorten teruggekoppeld worden naar de ingangen, valt hier duidelijk in het oog.
Laten we deze schakeling opbouwen op onze trainer, waarbij de twee ingangssignalen A en B weer worden voorgesteld door de schakelaars van de "input conditions" en waarbij de reactie van de uitgang wordt geobserveerd op een van de LED's van de "output conditions". De volgende verbindingen zijn nodig:

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/6.7
Hoofdstuk 3/98.1
Hoofdstuk 3/98.2
Hoofdstuk 3/98.4



98.7 Poorten als flip-flop's

A - 1; 2 - 6; 3 - 5; B - 4; N - 3; 7 - massa; 6 - +5 V
De bedrading op de trainer is getekend in figuur 3/98.7-2.



Figuur 3/98.7-2: De flip-flop op de "TTL-trainer".

De werking van de schakeling is samengevat in de waarheidstabel van figuur 3/98.7-3.
Als A en B "H" zijn, dan zal bij inschakelen van de voedingsspanning een van de uitgangen "L" zijn en de andere "H". Welke uitgang "L" wordt is afhankelijk van het gebruikte IC. De start-toestand is dus niet duidelijk gedefinieerd, we weten bij het inschakelen van de voeding niet in welke toestand de flip-flop terecht komt.

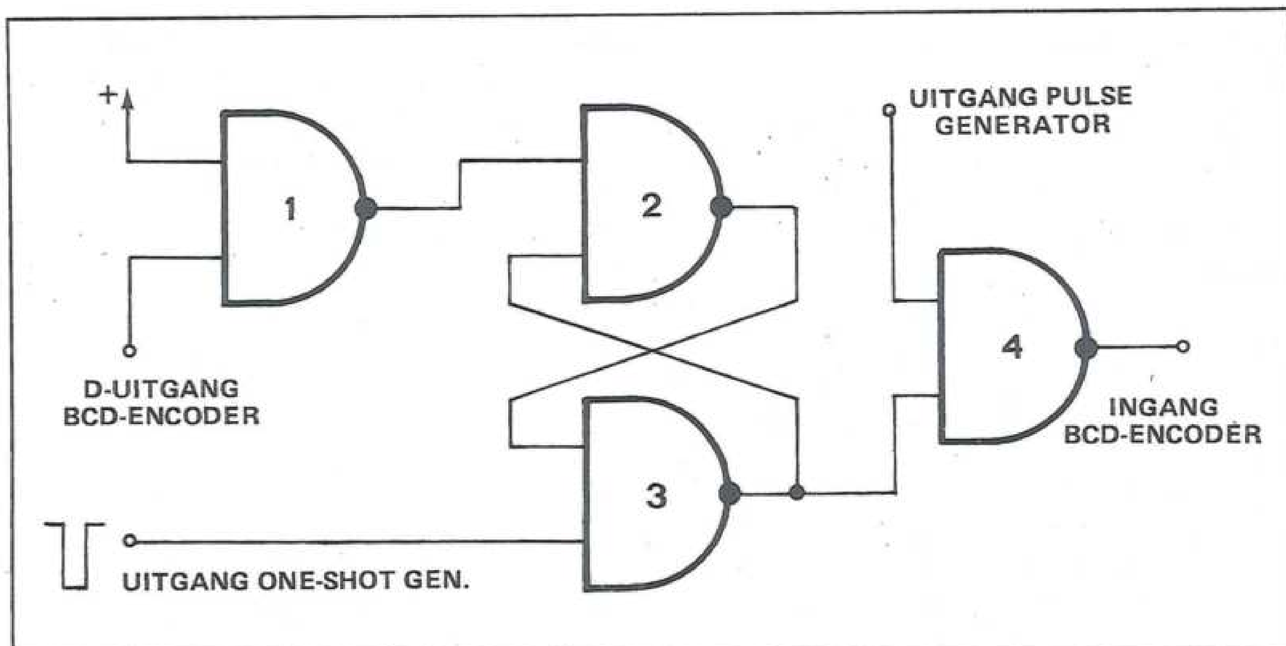
Als we de ingang van de poort, waarvan de uitgang "L" is, even "L" maken, dan zullen we vaststellen dat de uitgangen van de poorten stuivertje wisselen. De poort, waarvan de uitgang "L" was, wordt "H" en vice versa.
Het belangrijke is echter dat deze situatie blijft bestaan, nadat we de ingang weer "H" gemaakt hebben. Met andere woorden: een smalle negatieve puls, toegevoerd aan de ingang van die poort waarvan de uitgang "L" is, heeft tot gevolg dat de uitgangsniveaus van beide poorten omklappen!

X1 was	A	B	X1 wordt
L	↓	H	H
L	H	↓	L
H	↓	H	H
H	H	↓	L

Figuur 3/98.7-3: De waarheidstabel van de set-reset flip-flop.

De eenvoudigste geheugencel
Het belang van deze eigenschap zal duidelijk zijn. Met deze zeer eenvoudige schakeling zijn we in staat de verschijning van een puls te "bewaren", te "onthouden".
In feite zou er, zonder de flip-flop, van de digitale elektronica nauwelijks sprake zijn. Het is de flip-flop, met zijn geheugen mogelijkheid, die de weg heeft geopend tot de ontwikkeling van computers, digitale meters, klokken en noem maar op.
De hier ten tonele gevoerde flip-flop is de meest eenvoudige uit de reeks en wordt, zoals gezegd, RS-FF genoemd.

98.7 Poorten als flip-flop's



Figuur 3/98.7-4: Een set-reset flip-flop wordt hier gebruikt om de sturing van een teller door een pulsgenerator onder controle te houden.

De beperkingen liggen voor de hand. Niet alleen is het gemis van een gedefinieerde start-toestand bij het inschakelen van de voedingsspanning een groot bezwaar, maar ook de manier waarop we het geheugen van de schakeling kunnen activeren is praktisch niet zo bruikbaar.

De waarheidstabel

De waarheidstabel van figuur 3/98.7-3 is iets anders van betekenis dan de tot nu toe besproken tabellen. Was het zo dat de vorige tabellen een statische weergave waren van alle mogelijke toestanden, waarin een digitaal systeem kan verkeren, bij de nieuwe tabel voeren we een "actie" in, namelijk het even "L" maken van een bepaald punt. De tabel geeft nu de toestand van de schakeling weer, voor en na het optreden van de actie. Dit soort dynamische waarheidstabellen zijn zeer belangrijk in de digitale elektronica.

De werking van de set-reset flip-flop

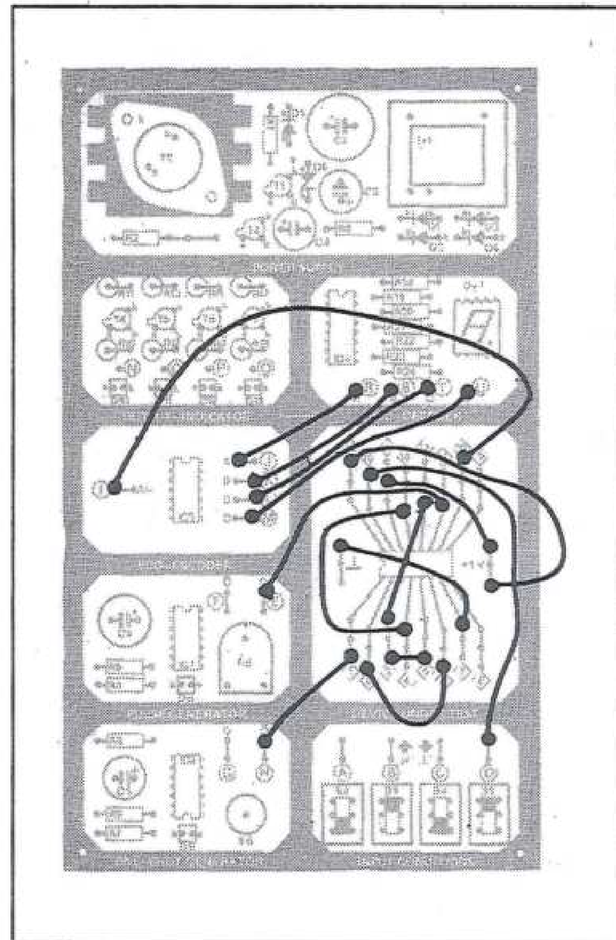
De werking van de RS-FF kort samengevat: als op de poort, waarvan de uitgang "L" is, een korte negatieve puls wordt aangelegd (de tweede ingang is "H"), dan zal de flip-flop omklappen. Deze toestand blijft bestaan tot men een zelfde soort puls aanlegt aan de tweede ingang van de schakeling.

Experiment 2:
praktische toepassing van de SR-FF

De schakeling van figuur 3/98.7-4 geeft een aardige toepassing van de SR-FF, waaruit duidelijk de werking van de schakeling blijkt. De functie van de schakeling is als volgt. Een tienteller krijgt pulsen aangeboden van een pulsgenerator. De bedoeling is, dat de teller na het ontvangen van de achtste puls stopt met tellen, tot men door middel van het drukken op een drukknop het commando "verder tel-

len" geeft. De teller stopt dan weer bij het bereiken van tellerstand "8".
Niet alleen geeft deze schakeling een aardige toepassing van een flip-flop, maar we beleven hier een nieuwe toepassing van een NAND, geschakeld als signaalpoort.
Als we de teller willen laten ophouden met tellen, dan is het duidelijk dat we de verbinding tussen uitgang van de pulsgenerator en ingang van de teller moeten onderbreken. Wat is hiervoor aangewezen?
Juist, een NAND-poort, waarop we op één ingang de uitgang van de generator aansluiten, op de tweede ingang een commando-signaal leggen en de uitgang aan de ingang van de teller toevoeren. Uit figuur 3/98.7-4 blijkt, dat poort 4 hiervoor ingehuurd wordt. De typische opbouw van een flip-flop verraad zich rond de poorten 2 en 3.
Als we de schakeling na de achtste puls willen activeren, dan moeten we uit de vier uitgangen van de teller informatie afleiden, die ons vertelt dat het IC acht pulsen geteld heeft. Nu, dat is erg eenvoudig, bij de achtste ingangspuls wordt de D-uitgang "H". Deze overgang van "L" naar "H" kunnen we dus gebruiken voor het activeren van de schakeling. Zoals uitgelegd in het vorige experiment moeten in rust beide ingangen van de RS-FF "H" zijn. Normaliter is de D-uitgang van de teller echter "L", zodat we dit signaal eerst moeten inverteren. Vandaar de noodzaak van poort 1. De commando-puls, waarmee we het verder tellen van de schakeling bevelen, moet in rust ook "H" zijn, vandaar dat we de geïnverteerde uitgang van de "one-shot generator" gebruiken.
De bedrading voor dit experiment is getekend in figuur 3/98.7-5.
Volgende punten worden doorverbonden:

H - 1; 2 - 6; 3 - 5; 3 - 12; 4 - 13; 7 - massa; I - 10; D - 15; 14 - +5 V; 11 - E; 16 - +5 V; J - R; K - S; L - T; M - U



Figuur 3/98.7-5: De bedrading van dit experiment op onze "TTL-trainer".

Bij het aanschakelen van de voedingsspanning kan de flip-flop in een van zijn twee toestanden terecht komen. Nu is het de bedoeling dat de uitgang van poort 3 "H" is, zodat poort 4 open is en de uitgangspulsen van de generator ongehinderd naar de ingang van de teller gestuurd kunnen worden. Gaat de schakeling niet naar deze toestand, dan geven we een puls via de "one-shot generator", waardoor de flip-flop in de gewenste toestand komt. De uitgang van poort 3 was

98.7 Poorten als flip-flop's

immers "L" en de negatieve puls op de ingang van deze poort laat de flip-flop omklappen.
De teller zal nu de pulsen van de pulsgenerator tellen. Wel moeten we hierbij opmerken, dat het noodzakelijk is de frequentiebepalende potmeter van de "pulsgenerator" in te stellen in de middenstand. Het waarom hiervan komt dadelijk.
Uitgang D van de teller is laag, deze informatie komt geïnverteerd op de ingang van poort 2. De twee ingangen van de flip-flop zijn dus "H", de schakeling blijft in rust. Bij het tellen van de achtste puls wordt uitgang D van de teller "H". Dit signaal wordt geïnverteerd door poort 1, zodat de ingang van poort 2 (een deel van de flip-flop) "L" wordt. Dat was de poort, waarvan de uitgang reeds "L" was.
Gevolg: de flip-flop klapt om, de uitgang van poort 3 wordt "L", poort 4 spert. De pulsen van de generator worden niet meer doorgekoppeld naar de ingang van de teller, deze blijft op tellerstand "8" staan. De flip-flop kan omklappen als we op de ingang van poort 3 een negatieve puls zetten. Dat kan door het drukken op de drukknop van de "one-shot generator". De flip-flop klapt om, de uitgang van poort 3 wordt "H", de teller kan verder tellen. Bij de overgang van de negende naar de nulde puls van de nieuwe telcyclus wordt uitgang D van de teller "L". De ingang van poort 2 wordt "H". Even later is de negatieve puls van de one-shot voorbij, zodat ook de ingang van poort 3 "H" wordt. De schakeling is in zijn ruststand, de teller telt tot er opnieuw acht pulsen geteld zijn.
Het zal nu duidelijk zijn, waarom we de frequentie van de generator tamelijk hoog moeten instellen. Het is namelijk voor de werking van de schakeling noodzakelijk, dat de ingang van poort 2 "H" wordt, alvorens de negatieve puls op poort 3 afgelopen is. Gedurende deze pulstijd moet de teller dus twee pulsen kunnen tellen: de negende puls van de gestopte telcyclus en de nulde puls van de nieuwe telcyclus. Eerst dan wordt uitgang D van de teller "L" en de ingang van poort 2 dus "H". Zou de negatieve puls op poort 3 wederom "H" worden, alvorens de D-uitgang van de teller "L" werd, dan zou de ingang van poort 2 langer "L" blijven dan de ingang van poort 3. De flip-flop zou dan terug omklappen na afloop van de commando-puls, zodat poort 4 geblokkeerd zou blijven en de schakeling nooit verder zou kunnen tellen.

98.7 Poorten als flip-flop's

4/1

Inhoud Voorbeeldschakelingen

Inhoud

4/2 Muziek-elektronica [1)]

4/3 Amateur-radio [1)]

4/4 Radio-ontvangers [1)]

4/5 Robotica [1)]

4/6 Microcomputer techniek [1)]

4/7 De bouw van meet-apparatuur [1)]

4/8 Auto-elektronica [1)]

4/9 Modelbouw en afstandsbesturingsschakelingen [1)]

4/10 Foto-, dia-, film- en video-schakelingen [1)]

4/12 Luidspreker-systemen en -hulpschakelingen [1)]

4/13 Voedingsschakelingen [1)]

4/14 Overige schakelingen [1)]

4/15 Schakelingen voor licht-regeling [1)]

[1)] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/2
Muziek-elektronica

Inhoud

4/2.1 Phaser voor elektronische gitaren
(verschenen in de 1e aanvulling)

4/2.2 Een elektronische metronoom
(verschenen in de 1e aanvulling)

4/2.3 Het MSS-synthesizer systeem [1)]

4/2.4 Universele sirene
(verschenen in de 30e aanvulling)

4/2.5 Tremolo/lesley unit
(verschenen in de 33e aanvulling)

4/2.6 Zeskanaals audiomenger
(verschenen in de 19e aanvulling)j

4/2.7 Universele stereo graphic equaliser
(verschenen in de 19e aanvulling)

4/2.8 Universele Baxandall-regeling
(verschenen in de 39e aanvulling)

4/2.9 Universele OPA
(verschenen in de 39e aanvulling)

4/2.10 **Miniatuur orgeltje met "strijkstok"**
(verschenen in de 40e aanvulling)

4/2.11 **Automatische volumeregelaar met lage vervorming**
(verschenen in de 47e aanvulling)

4/2.12 **MIDI-THRU box met vier uitgangen**
(verschenen in de 51e aanvulling)

4/2.13 **Universele LF-eindversterker**
(verschenen in de 62e aanvulling)

4/2.14 **Ruisarme microfoonversterker**
(verschenen in de 67e aanvulling)

4/2.15 **Infarode, FM-gemoduleerde draadloze AF-link**
(verschenen in de 68e aanvulling)

4/2.16 **Basisbreedte regeling voor beter stereo-TV geluid**
(verschenen in de 72e aanvulling)

4/2.17 **Universele oversturingsindicator voor eindversterkers**
(verschenen in de 75e aanvulling)

4/2.18 **Universele spanningsgestuurde versterker**
(verschenen in de 75e aanvulling)

4/2.19 **Versterker voor parabool microfoon**
(verschenen in de 82e aanvulling)

4/2.20 **Uitbreidbaar multi-vox orgeltje**
(verschenen in de 93e aanvulling)

4/2.21 **Een elektronische metronoom (2)**
(verschenen in de 94e aanvulling)

4/2.22 **Universele $3W_{eff}$ eindversterker**
(verschenen in de 99e aanvulling)

4/2.23 **Van LP naar CD-ROM**
(verschenen in de 101e aanvulling)

4/2.24 **Optische koppeling voor LF-signalen**
(verschenen in de 102e aanvulling)

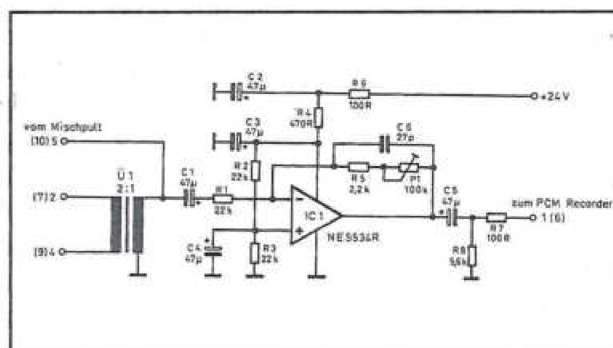
---

[1]) Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/2.24

Optische koppeling voor LF-signalen

Inleiding
In professionele audio-apparatuur stelt men vaak vast dat signalen galvanisch gescheiden van de ene naar de andere trap worden getransporteerd. Het voordeel van deze galvanische scheiding is dat er geen kans bestaat op het ontstaan van massalussen. Een massalus is een gesloten lus tussen de massa's van de op elkaar aangesloten apparaten. Als niet alle massa's op hetzelfde aardpotentiaal staan, en dat komt vaak voor als de apparaten ver uit elkaar staan en op verschillende stopcontacten zijn aangesloten, dan ontstaan er stromen in de massalus die gegarandeerd problemen als brom en oscillaties opleveren.
Door galvanisch te scheiden kan er nooit zo'n gesloten lus ontstaan. In de meeste gevallen gebruikt men hoogwaardige scheidingstrafootjes, zie figuur 4/2.24-1.

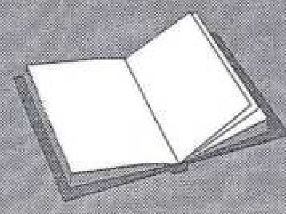


Figuur 4/2.24-1: Een scheidingstrafo in de signaalweg voorkomt het ontstaan van massalussen.

Nu zijn dergelijke speciale scheidingstrafo's peperduur en bovendien vereisen zij in de meeste gevallen het gebruik van symmetrische kabels.
In dit hoofdstuk wordt een goedkoop alternatief beschreven, waarbij de galvanische scheiding wordt toevertrouwd aan een ordinaire optische koppelaar en waarbij het bovendien niet noodzakelijk is te werken met symmetrische leidingen. De apparaten die optisch gescheiden moet worden, kunnen dus met gewone asymmetrische afgeschermde kabel worden verbonden.

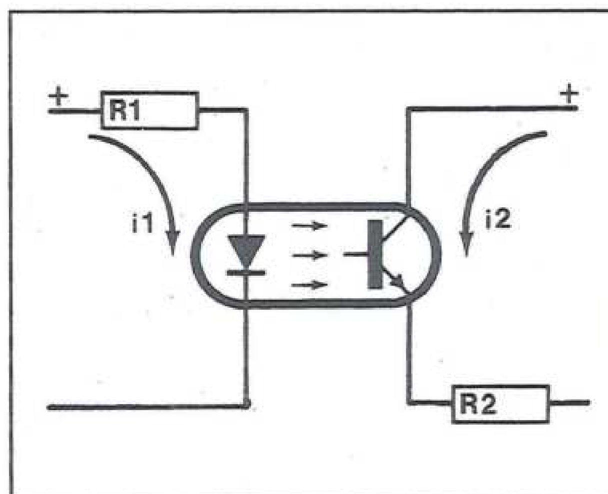
Het systeem
Het systeem bestaat uit een lichtzender en een lichtontvanger. De zender zal een lichtstraal uitzenden, waarvan de intensiteit of sterkte rechtevenredig is met de grootte van het geluidssignaal. In de ontvanger wordt deze lichtbundel omgezet in een spanning, die op haar beurt recht-

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/2.15



2.24 Optische koppeling voor LF-signalen

evenredig is met de intensiteit van het licht. Als gevolg van deze twee rechtevenredige omzettingen, zal het signaal dat uit de ontvanger komt rechtevenredig zijn met het volume van het geluid aan de ingang. Nu moet men bij dit systeem niet denken aan allerlei ingewikkelde toestanden met lichtstralen, lenzen en grote lampen. Zo'n combinatie van lichtzender en lichtontvanger zit immers in een klein zespootje: een gewone opto-koppelaar. Zo'n onderdeel bestaat immers uit een lichtgevende diode, een LED dus, en een fotogevoelige transistor. Beide onderdelen zijn elektrisch zorgvuldig gescheiden. De weerstand tussen de diode en de transistor is zeer hoog en met normale meetapparatuur niet eens te meten. Als men door de LED een bepaalde stroom stuurt, zie figuur 4/2.24-2, dan zal deze diode een hoeveelheid licht gaan uitstralen, waarvan de intensiteit afhankelijk is van de grootte van de stroom. De fototransistor zit normaliter in sper. Als men de collector met een positieve spanning verbindt en de emitter door middel van een weerstand met de massa, dan zal er normaal geen stroom door de combinatie vloeien, zodat er ook geen spanning over de emitterweerstand ontstaat. De basis hoeft bij deze toepassing niet eens aangesloten te worden! Op het moment dat de LED licht begint uit te stralen, zal er een bepaalde collectorstroom gaat vloeien. De grootte van de stroom is afhankelijk van de hoeveelheid door de LED uitgestraald licht. Het is dus alsof men in de basis van de transistor een bepaalde stroom stuurt. Door het vloeien van de stroom door de collector zal er over de emitterweerstand een spanning ontstaan, waarvan de grootte afhankelijk is van de waarde van de stroom. Daar deze stroom afhankelijk was van de lichtintensiteit, zal dus eveneens de spanning over de emitterweerstand van die intensiteit afhangen. Besluit: de spanning, die over de emitterweerstand R2 ontstaat is rechtevenredig met de grootte van de stroom, die men door de lichtgevende diode stuurt. Als men die stroom varieert op het ritme van het geluidssignaal dat men wil overdragen, dan zal ook de spanning over de emitterweerstand variëren volgens dit geluidssignaal.

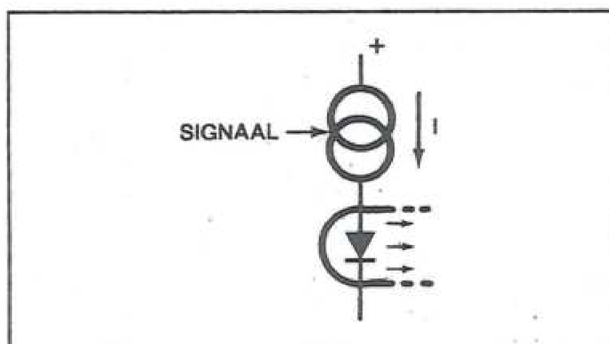


Figuur 4/2.24-2: De signaaloverdracht van LED naar fototransistor in een optische koppelaar.

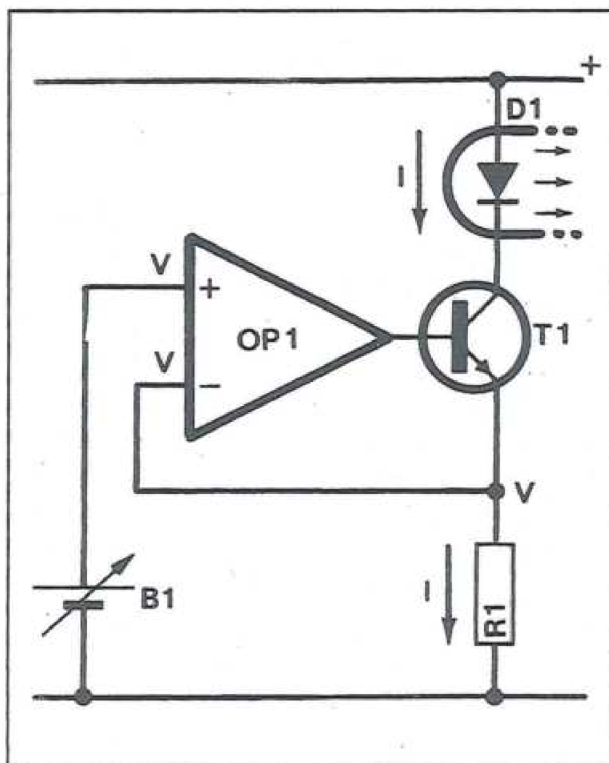
Het principe van de zender

Uit de vorige paragraaf volgt dat de LED in de opto-koppelaar aangestuurd moet worden met een stroom, waarvan de grootte varieert op het ritme van het geluidssignaal. Nu heeft men echter vrijwel steeds alleen maar een audiospanning ter beschikking en géén audiostroom! Het eerste deel van de schakeling van de zender zal dan ook bestaan uit een schakeling, die een spanning omzet in een stroom, die evenredig is aan die spanning. Deze schakeling, die door het leven gaat onder de naam stuurbare constante stroombron, is getekend in figuur 4/2.24-3.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



Figuur 4/2.24-3: Het principe van de besturing van een LED via een stuurbare constante stroombron.



Figuur 4/2.24-4: Een stuurbare constante stroombron met een op-amp.

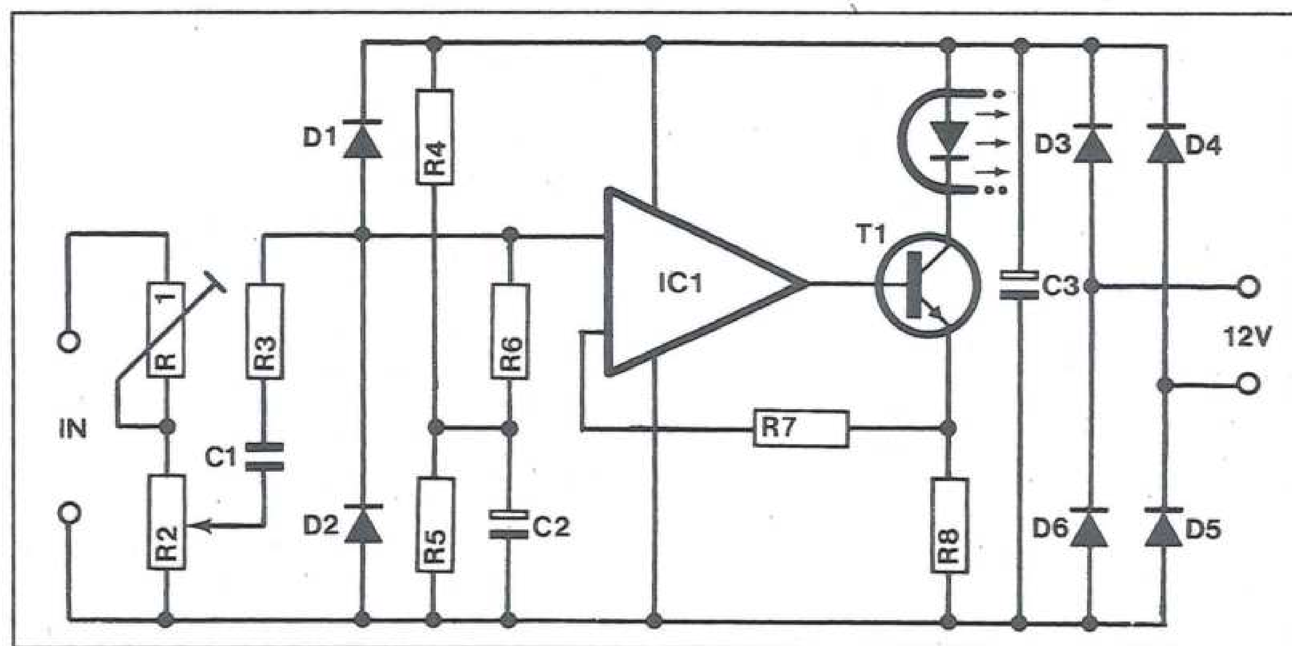
Een stuurbare constante stroombron is een schakeling, die een constante, maar instelbare stroom door een belasting stuurt. De grootte van deze stroom wordt alleen bepaald door de onderdelen in de stroombron, het gedrag van de belasting speelt geen enkele rol. Via deze stroombron wordt dus een constante stroom I door de diode gestuurd. Als men er nu voor zorgt dat die stroom varieert op het ritme van het geluidssignaal, dan is men van alle problemen verlost. Hoewel er verschillende methodes bestaan voor de opbouw van een stuurbare constante stroombron, die door een spanning te moduleren is, wordt bij deze schakeling gekozen voor een schakeling met een operationele versterker. Het basisschema is getekend in figuur 4/2.24-4.

De LED van de opto-koppelaar is opgenomen in een seriekring, die is opgebouwd uit de LED, een transistor en een weerstand. De basis van de weerstand wordt gestuurd uit de uitgang van de op-amp. Aan de positieve ingang van dit onderdeel ligt een instelbare gelijkspanning. De negatieve ingang kijkt hoe groot de spanning is, die over de weerstand R1 staat.

De werking is zeer eenvoudig. Allereerst moet men even in herinnering houden dat een op-amp zijn uitgang steeds zo stuurt, dat het spanningsverschil tussen zijn beide ingangen gelijk wordt aan nul. De positieve ingang van de op-amp staat op een vaste spanning, bepaald door de grootte van de batterijspanning. Wil nu aan de basisvoorwaarde van de werking van een op-amp voldaan worden, dan zal ook de spanning op de negatieve ingang van de versterker gelijk moeten worden aan die spanning V. Dat kan alleen, als die spanning ook ontstaat over de weerstand R1.

Dat is nogal voor de hand liggend, want die weerstand is rechtstreeks verbonden met de negatieve ingang van de versterker. Nu kan er over een weerstand alleen maar spanning ontstaan, als die weerstand doorlopen wordt door een stroom.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



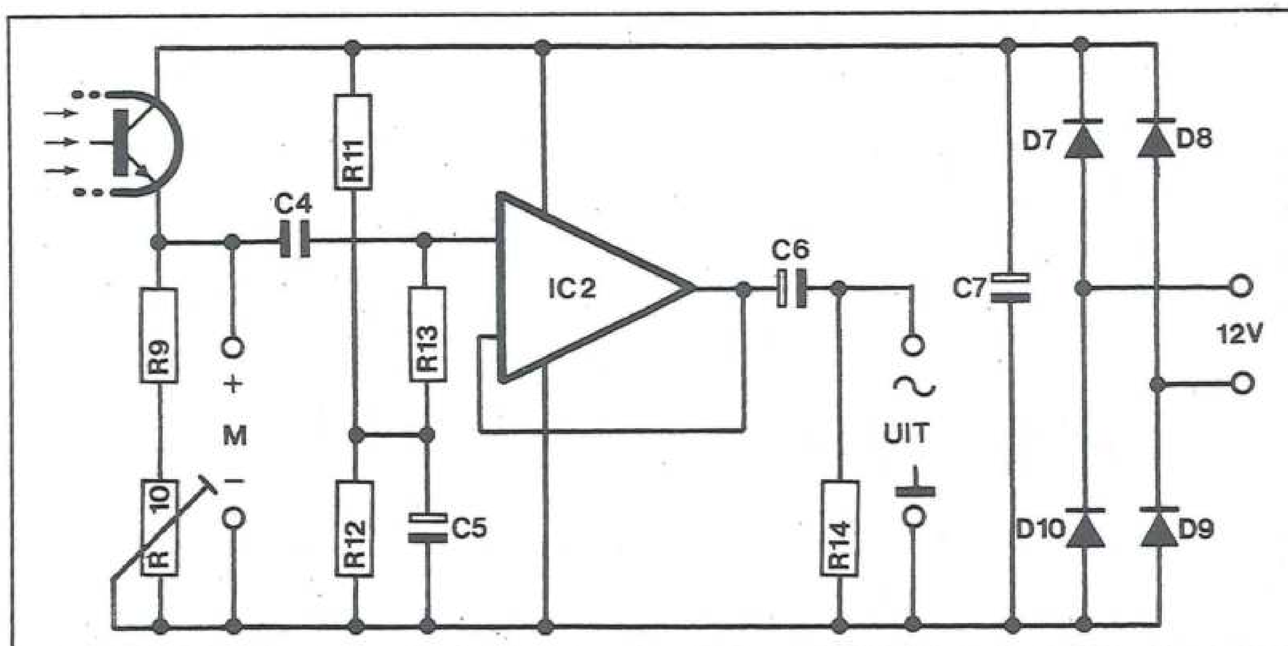
Figuur 4/2.24-5: Het volledig schema van de zender.

Het gevolg is, dat de operationele versterker de transistor zo stuurt, dat er door de serieschakeling van LED, transistor en weerstand een stroom gaat lopen, die tot gevolg heeft dat er over R1 een spanning, gelijk aan de batterij spanning, opgebouwd wordt. Deze stroom zal onder alle omstandigheden constant blijven. De enige manier om hem te wijzigen is het veranderen van de batterijspanning. Dat is dan ook wat er in de praktijk gebeurt. Men laat de spanning op de positieve ingang van de op-amp variëren op het ritme van het geluidssignaal. De stroom door de weerstand, en dus ook door de LED, varieert dan eveneens volgens het geluidssignaal.

Het schema van de zender

Het volledig schema van de zender is getekend in figuur 4/2.24-5. De principiële schakeling van figuur 4/2.24-4 wordt hierin zonder problemen teruggevonden. De schakeling wordt gevoed uit een trafo met twee volledig gescheiden secundaire wikkelingen. De andere wikkeling zal uiteraard gebruikt worden voor het voeden van de ontvanger. De 12 V van de trafo wordt gelijkgericht door middel van 4 dioden 1N4004 en afgevlakt met een elco C3. De positieve ingang van de op-amp moet ingesteld worden op een spanning, zodat er een bepaalde stroom door de lichtgevoelige diode van de opto-koppelaar loopt. De spanningsdeler R4/R5 zorgt voor deze spanning. De spanning op het knooppunt van beide weerstanden wordt extra afgevlakt door middel van de elco C2. Via de hoge weerstand R6 belandt deze instelspanning op de positieve ingang van de operationele versterker. De negatieve ingang is via weerstand R7 verbonden met de weerstand die in serie is opgenomen met de LED en de stuurtransistor T1. Behalve de instelspanning, moet natuurlijk ook een gedeelte van de signaalspanning aan de positieve ingang van het IC worden aangeboden.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



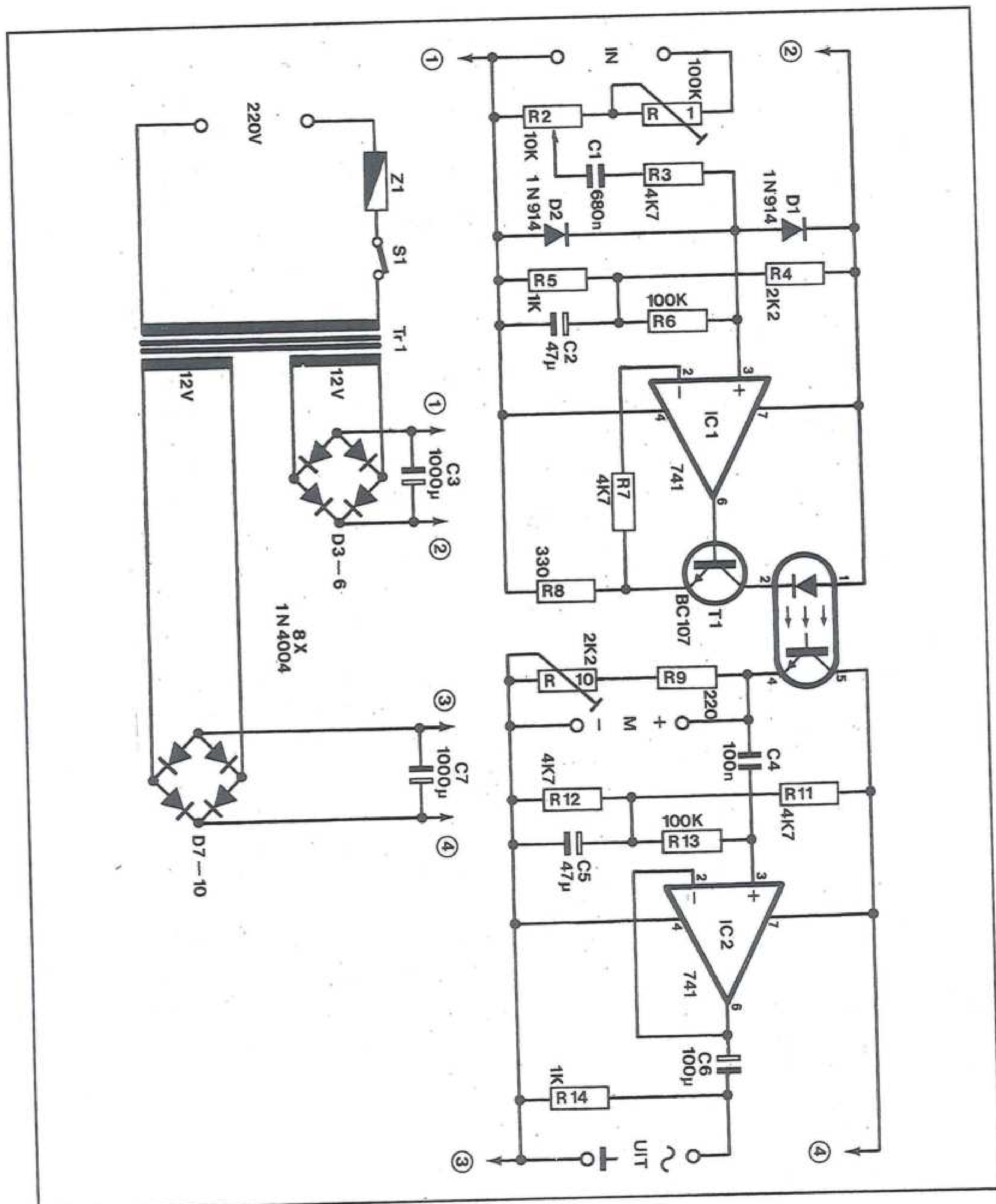
Figuur 4/2.24-6: Het schema van de ontvanger.

Anders zou de spanning op deze ingang immers niet variëren op het ritme van het geluidssignaal. Vandaar dat de ingang van de schakeling via een weerstand R3 met die op-amp ingang verbonden is. In deze ingangskring zitten enige elementen die wat uitleg vragen. Allereerst de serieschakeling van de instelpotentiometer R1 en de potmeter R2. De bedoeling is, dat de schakeling zo universeel mogelijk is. Met andere woorden, dat men de scheider op gelijk welk audio-apparaat kan aansluiten. Sluit men de ingang aan op een apparaat dat veel spanning afgeeft, dan moet de instelpotentiometer volledig in de schakeling opgenomen worden. Aan de ingang wordt dan een spanningsdeler gevormd, waardoor de spanning over de potmeter in dezelfde grootte-orde komt te liggen als wanneer er een apparaat wordt aangesloten dat weinig signaal levert.
De twee dioden D1 en D2 beveiligen de ingang van de op-amp tegen te grote spanningen. Als men per ongeluk een veel te hoge spanning op de ingang zet, gaat een van deze dioden geleiden waardoor de te grote spanning wordt kortgesloten naar de massa of naar de voeding.

Het schema van de ontvanger

De ontvanger is zo eenvoudig van opbouw, dat dadelijk het volledig schema besproken kan worden. Dit is getekend in figuur 4/2.24-6. De schakeling wordt uit een identieke schakeling gevoed als de zender. De lichtgevoelige transistor is in serie geschakeld met twee weerstanden: een vaste en een instelpotentiometer. Het is namelijk gebleken, dat de instelling van deze trap verschilt als men een ander type opto-koppelaar gebruikt. Door middel van de trimmer kan men de schakeling zo afregelen, dat de emitter van de transistor op de halve voedingsspanning staat.
Het signaal dat, als gevolg van de inwerking van de variërende lichtstraal op de transistor, over de emitterweerstand ontstaat, wordt nu nog aangeboden aan een buffertrap, opgebouwd met een tweede op-amp.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



Figuur 4/2.24-7: Het volledig schema van de schakeling.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R3,R7,R11,R12	4,7 kΩ	
R4	2,2 kΩ	
R5,R14	1 kΩ	
R6,R13	100 kΩ	
R8	330 Ω	
R9	220 Ω	
INSTELPOTENTIOMETERS, STAAND, 10 x 5 mm		
R1	100 kΩ	
R10	2,2 kΩ	
POTENTIOMETER, MONO, LIN		
R2	10 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	680 nF	MKH
C2,C5	47 µF	16 V printelco
C3,C7	1.000 µF	25 V printelco
C4	100 nF	MKH
C6	100 µF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1,D2	1N4148	
D3-D10	1N4004	
T1	BC107	
IC1,IC2	741, mini-DIL	
OK1	optische koppelaar, DIL-6	
DIVERSEN		
1	trafo, 2 x 12 V gescheiden, 2 x 100 mA	
1	zekeringhouder, print	
1	zekering, 300 mA	
5	printsoldeerlipje	
1	trekontlasting	
1	tuimelschakelaar, AAN/UIT	

Zoals men weet heeft een buffer de eigenschap een zeer hoge ingangsimpedantie en een zeer lage uitgangsimpedantie te hebben. De versterking van de trap is bovendien gelijk aan een.
Het enige interessante aan deze trap is dat de instelling van de op-amp gebeurt door de positieve ingang op de helft van de voedingsspanning in te stellen.

De uitgangsspanning wordt door middel van een blokkeer-elco C6 en een weerstand R14 van de uitgang van de op-amp afgenomen.

Het volledig schema

Het volledig schema van de audio-koppelaar is getekend in figuur 4/2.24-7. Hieruit blijkt duidelijk hoe de volledige schei-

ding tussen in- en uitgang ook in de voeding tot uitdrukking komt. Men moet per sé een trafo gebruiken, die twee volledig gescheiden wikkelingen heeft. Het gebruik van bijvoorbeeld een trafo met middenaftakking is niet toelaatbaar. Meet voor alle zekerheid even met een universeelmeter, op weerstandsmeting geschakeld, tussen de beide secundaire wikkelingen. De weerstand moet oneindig hoog zijn!

De bouw van de schakeling

De print voor deze eenvoudige schakeling is getekend in figuur 4/2.24-8 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De bouw volgt uit figuur 4/2.24-9.

Moeilijke punten doen zich niet voor. De keuze van de opto-koppelaar is niet kritisch. Hoewel uiteraard niet alle typen uitgeprobeerd zijn, zullen ze allemaal bruikbaar zijn, want qua eigenschappen ontlopen de verschillende fabrikaten elkaar niet veel. De schakeling is opgebouwd met een MCT26 van Monsanto en een FCD806 van Fairchild. Het enige dat veranderde, was de instelling van de instelpotentiometer in de emitterleiding van de foto-transistor. Ook de bandbreedte bleek niet helemaal gelijk, maar de afwijkingen waren niet van dien aard dat de kwaliteit van de schakeling in gevaar kwam. Nadat de print volledig is bestukt, kan zij ingebouwd worden in een kast. Het prototype werd ondergebracht in een type 333 van Teko. Bij de inbouw moet één ding goed voor ogen gehouden worden. De schakeling van de zender mag nergens contact maken met het metaal van de kast. De massa van de ontvanger wordt namelijk via de printbevestiging verbonden met het chassis en zou ook de zender ergens contact maken met de kast, dan kon men natuurlijk net zo goed zonder deze schakeling apparaten met elkaar verbinden.

De bedrading

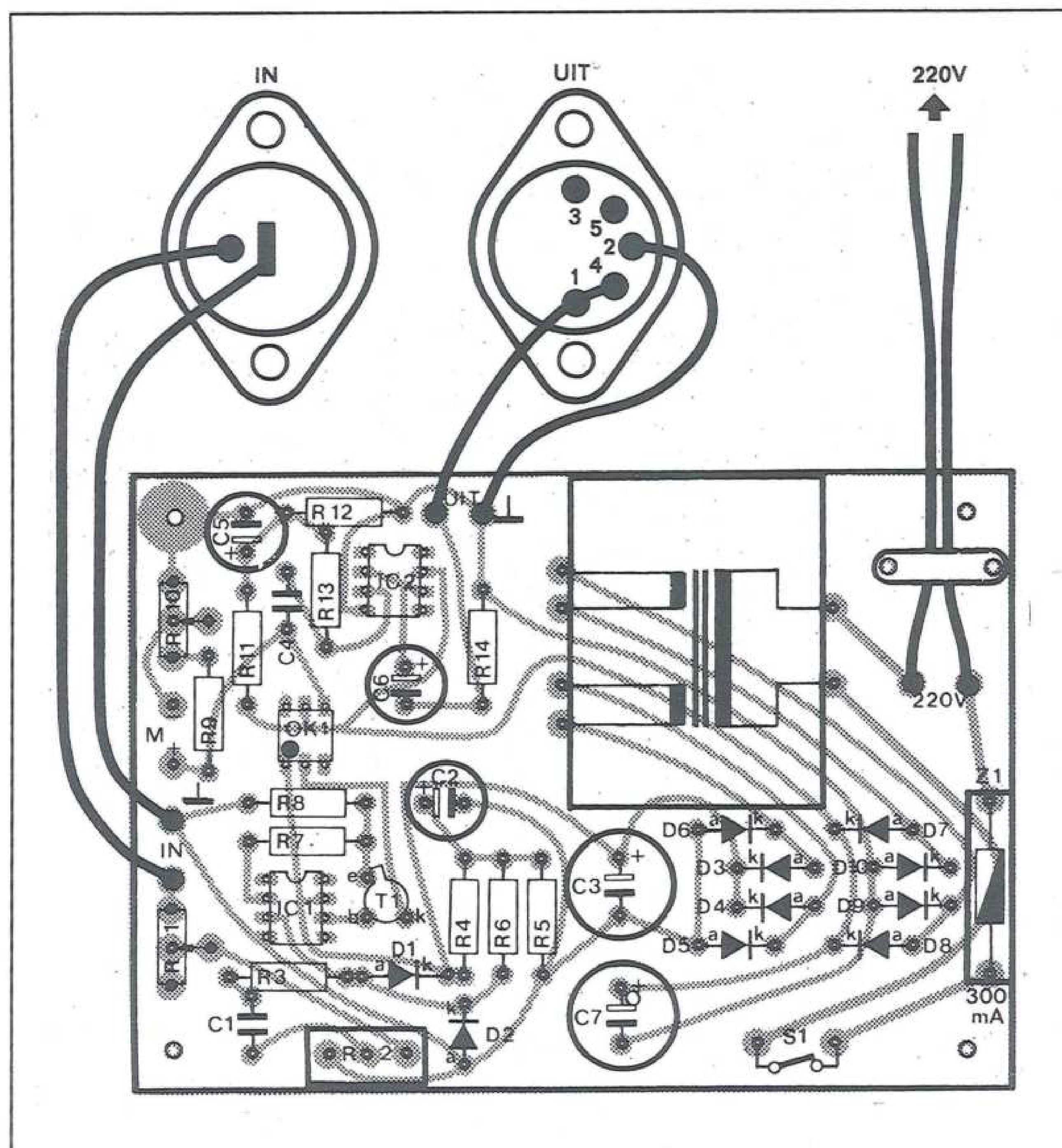
De zeer eenvoudige bedrading is ook getekend in figuur 4/2.24-9. De in- en uitgangen worden met afgeschermde kabeltjes aangesloten op aloude DIN chassisdelen. Waarom? Omdat men er dan zeker van is dat de massa's niet aan het metaal van de behuizing komen te hangen! Dit is natuurlijk een zeer belangrijk punt. Als men de moderne cinch chassisdelen zou gebruiken, dan komen de massa's van het ingaande en uitgaande apparaat via deze connectoren toch aan elkaar te hangen. Dat is uiteraard niet de bedoeling. Voor de ingang werd een DIN luidspreker connector gebruikt, voor de uitgang een vijfpolige DIN ingangsconnector. Op deze manier kan men de in- en de uitgang nooit per ongeluk verwisselen. Om het apparaat met deze vreemdsoortige connectoren gemakkelijk met apparatuur te kunnen verbinden kan men het best twee kleine verloopsnoertjes maken, met aan de ene kant normale cinch connectoren en aan de andere kant DIN connectoren.

Het gebruik

Alvorens het apparaatje in gebruik wordt genomen, moeten er nog enige zaken gecontroleerd worden.

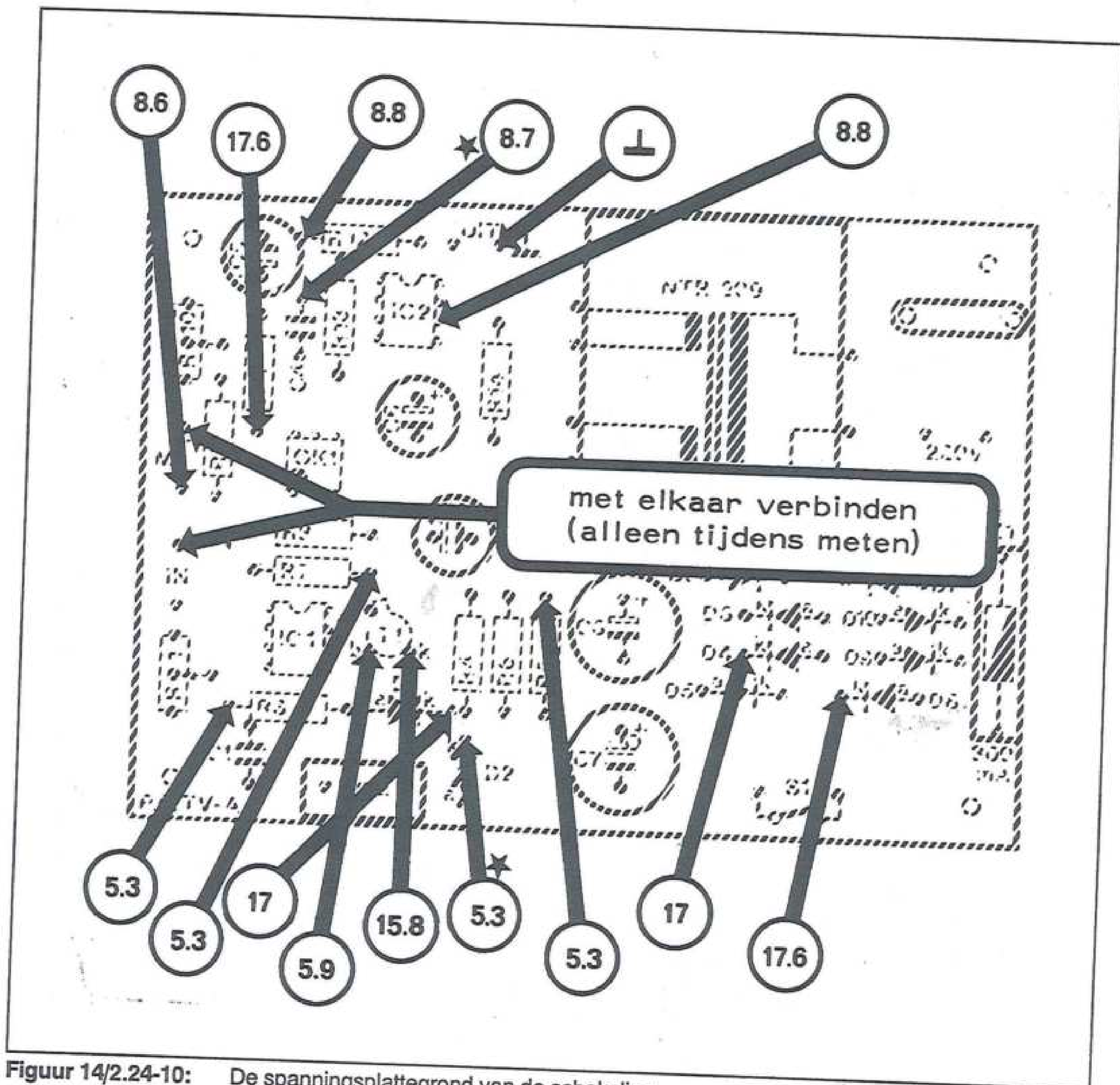
Op de eerste plaats wordt, veiligheid voor alles, met een ohmmeter gemeten tussen een van de ingangsklemmen en een van de uitgangsklemmen. De weerstand moet oneindig groot zijn. Is dit in orde, dan wordt het apparaat met het net verbonden. Over de twee meetklemmen M op de print wordt een op gelijkspanning geschakelde universeelmeter aangesloten en de instelpotentiometer R10 wordt zo ingesteld, dat de meter ongeveer 8 V aanduidt.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



Figuur 4/2.24-9: De componentenopstelling van de print. Let op de bedrading tussen de print en de connectoren. De connectoren mogen er uiteraard niet de oorzaak van zijn, dat de massa's tóch worden doorverbonden. Vandaar dat de keuze viel op ouderwetse geïsoleerde DIN-connectoren.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



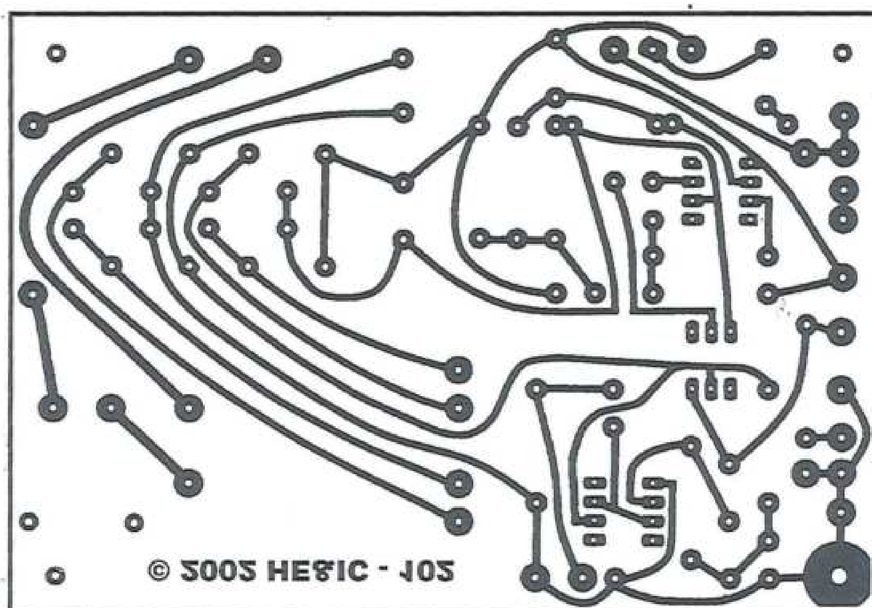
Figuur 14/2.24-10: De spanningsplattegrond van de schakeling.

Nadien kan de kast dichtgeschroefd worden en is het apparaat gebruiksklaar.

Spanningsplattegrond

Figuur 4/2.24-10, tenslotte, geeft de spanningsplattegrond van de print. Als de schakeling niet werkt kan men aan de hand van de ingetekende meetspanningen gemakkelijk de oorzaak van de storing opsporen. De met een sterretje aangeduide meetspanningen hebben een zeer hoge impedantie, wat wil zeggen dat de meting beïnvloed kan worden door de inwendige weerstand van de meter.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen



Figuur 4/2.24-8: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

2.24 Optische koppeling voor LF-signalen

4/5

Robotica

Inhoud

4/5.1 Een universele robot

4/5.1.1 Inleiding
(verschenen in de 102e aanvulling)

4/5.1.2 De mechanische constructie
(verschenen in de 102e aanvulling)

4/5.1.3 Motorsturing
(verschenen in de 102e aanvulling)

4/5.1.4 Dansende robot
(verschenen in de 103e aanvulling)

4/5.1.5 Robot reageert op geluid
(verschenen in de 103e aanvulling)

4/5.1.6 Robot detecteert tafelrand
(verschenen in de 104e aanvulling)

4/5.1.7 Robot laadt zichzelf op
(verschenen in de 104e aanvulling)

4/5.1.1 Inleiding

Een uniek project

Alle bouwbeschrijvingen die tot nu toe in "Hobby Elektronica" en in de opvolger "Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek" zijn beschreven, vereisen alleen wat handigheid met de soldeerbout en de kniptang. Dít project eist heel wat meer handigheid en ervaring van de potentiële nabouwer! Natuurlijk staat het knutselen met elektronica voorop. Maar aan de basis staat een knap stukje fijnmechanica. Zonder dit loopwerk is de elektronica nutteloos. Er zijn diverse bouwpakketten van robots in de handel. Tóch hebben wij de voorkeur gegeven aan een compleet zelfbouwproject. Dat betekent dat u aan de slag moet met miniatuur motoren, tandwieltjes, boutjes, palletjes en wieltjes. Laat u zich daardoor echter niet afschrikken! Zoals uit hoofdstuk 4/5.1.2 blijkt, is iedere handige knutselaar in staat zélf een soepel bewegende robot te maken.

Hoe werkt de robot

Het prototype heeft twee motoren, die individueel de twee voorwielen aandrijven. Groot voordeel van dit systeem is dat er géén ingewikkelde mechanische constructie nodig is voor het besturen van de robot. De motoren zijn rechtstreeks, al dan niet via een vertragingskastje, gekoppeld aan de motoren. De robot werkt dus als een tank: draaien de beide motoren in dezelfde richting, dan rijdt de robot vooruit. Poolt men beide motoren om, dan zal de robot achteruit rijden. Wordt slechts één motor gestuurd, dan zal de robot een zeer scherpe bocht maken rond het wiel dat niet wordt aangedreven.

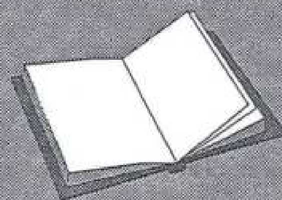
Dit lijkt misschien een beetje primitief, en in feite is het dat ook, maar toch heeft een op een dergelijke manier bewegende robot zijn charmes. Bovendien is het de bedoeling de zelfbouwers onder de lezers warm te maken voor "robotica" en dan is een eenvoudig "instapmodel" een voor de hand liggende keuze.

Hoe een en ander er uitziet

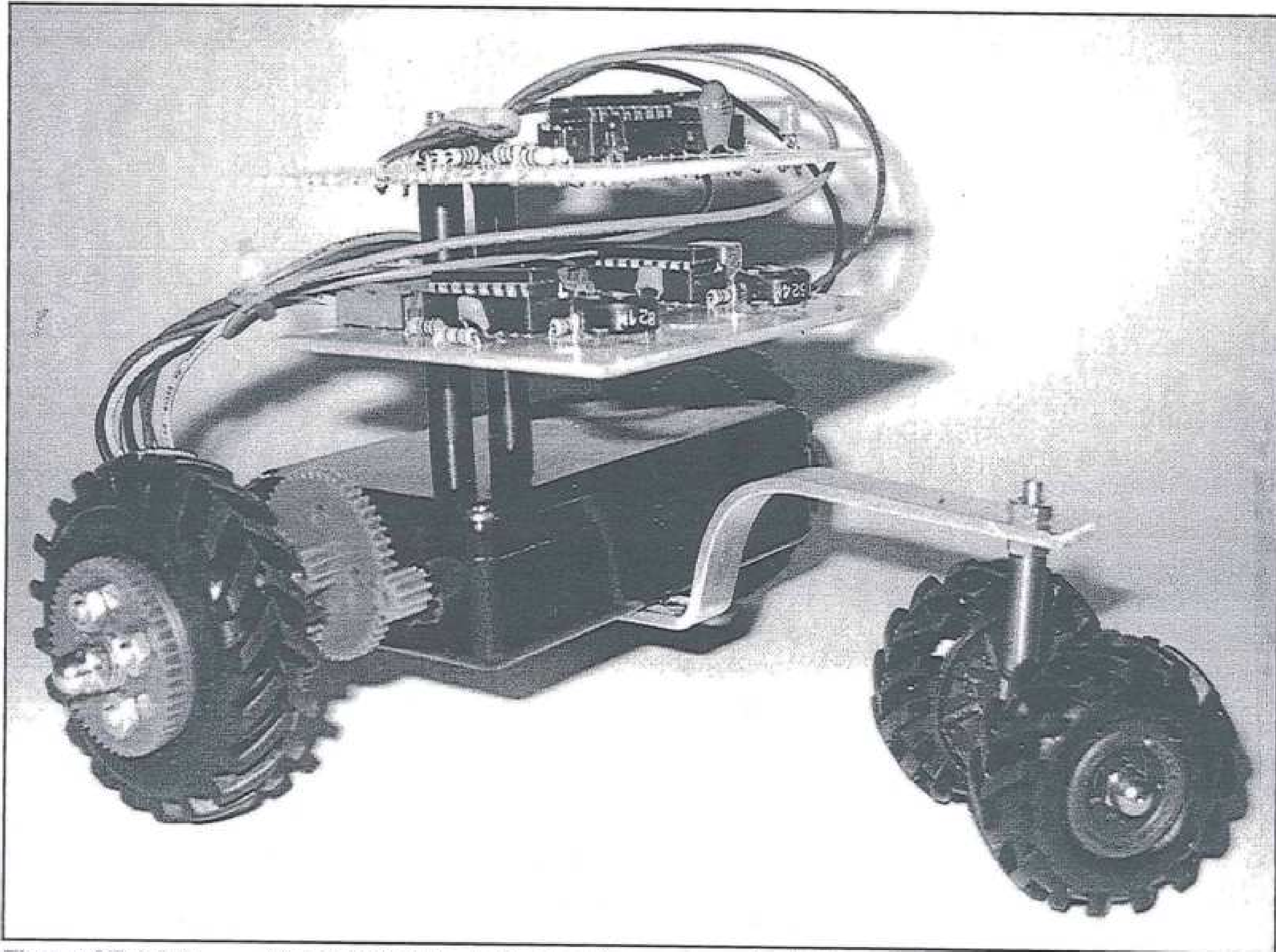
Op de foto van figuur 4/5.1.1-1 is het prototype van de robot in volle glorie te aanschouwen. Duidelijk is het chassis of loopwerk te bewonderen dat de motoren en de batterijen of accu's bevat. Boven op dit loopwerk worden de besturingsprinten gemonteerd.

LEES OOK:

Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot

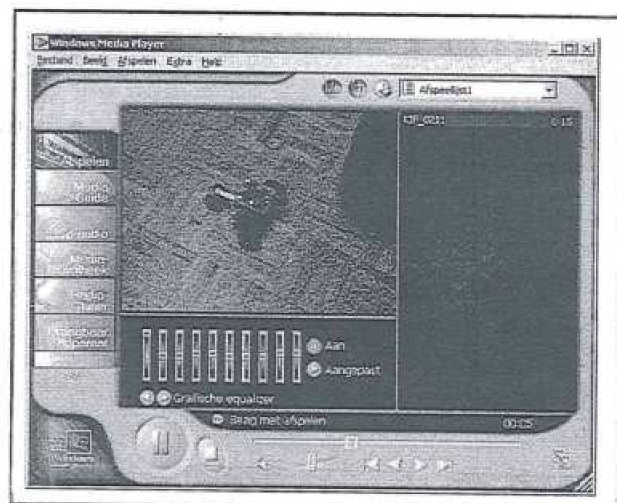


Figuur 4/5.1.1-1: De robot in volle glorie, voorzien van twee besturingsprinten.

De onderste print is de absoluut noodzakelijke basisprint, waarmee de twee motoren worden bestuurd. De bovenste print is één van de digitaal werkende printen, die de robot enige "intelligentie" geeft.

AVI-filmpje op internet

Wie het gedrag van deze robot in het écht wil aanschouwen kan terecht op de internet-site van "Hobby Elektronica & Actueel IC-handboek": www.vego.nl/hobby of www.hobbyelektronica.vego.nl. Op de home-page staat een aanklikknop waarmee men een AVI-filmpje van de robot in actie kan bekijken.



Figuur 4/5.1.1-2: De robot is in actie te zien op de internet-site van "HE&IC".

5.1 Een universele robot

Wat kan de robot?
De mechanica van een robot maken is één zaak, er nadien iets mee doen is een tweede. Natuurlijk is de vraag naar nuttigheid van een dergelijk project volledig misplaatst. Het is de bedoeling dat de nabouwer ervaring opdoet met iets dat tegenwoordig met een groot woord "mechatronica" wordt genoemd, de combinatie van fijnmechanica en elektronica. In de volgende hoofdstukken wordt een aantal voorbeelden gegeven van elektronische besturingen die met dit project mogelijk zijn.

Motorsturing
Via een eenvoudige motorsturing kan men de twee motoren in feite in "tri-state" aansturen: motor uit, motor draaien in de ene richting, motor draaien in de andere richting. Als men rekening houdt met het feit dat er twee motoren in de robot aanwezig zijn, ontstaan dus in principe negen "vrijheidsgraden", zie figuur 4/5.1.1-3.

LINKER WIEL	VOER TUIG	RECHTER WIEL
vooruit	Vooruit	vooruit
vooruit	Rotatie om rechter wiel rechtsom	stilstand
vooruit	Pirouette rechtsom	achteruit
stilstand	Rotatie om linker wiel linksom	vooruit
stilstand	Stilstand	stilstand
stilstand	Rotatie om linker wiel rechtsom	achteruit
achteruit	Pirouette linksom	vooruit
achteruit	Rotatie om rechter wiel linksom	stilstand
achteruit	Achteruit	achteruit

Figuur 4/5.1.1-3: De vrijheidsgraden in de beweging van de robot.

Dansende robot
Nadat de fundamentele motorbesturing klaar is, kan men de robot op diverse manieren aansturen. Bij het project "dansende robot" worden de drie besturingsmogelijkheden van de twee motoren digitaal aangestuurd uit twee eenvoudige digitaal naar analoog omzetters die op hún beurt weer worden gestuurd uit een pulsgenerator. Een en ander heeft tot gevolg dat de robot een voorgeprogrammeerd bewegingspatroon gaat uitvoeren dat het best te omschrijven is als een wilde dans.

Reageren op geluid
In een volgend project wordt een schema ontwikkeld, waarmee de twee motoren van de robot reageren op het omgevingsgeluid. Via een elektret microfoontje wordt dit geluid opgevangen, versterkt en omgezet in een digitaal signaal dat de DAC's uit het vorige project aanstuurt. De robot is dan te "besturen" met bijvoorbeeld handgeklap.

Reageren op optische sensoren
In het volgens project wordt de robot voorzien van primitieve zintuigen. Vier infrarode sensoren zorgen ervoor dat de robot bijvoorbeeld niet van de rand van een tafel valt, maar onmiddellijk omkeert als een van de sensoren een "afgrond" ontdekt.

Robot zoekt zélf zijn "voeding"
In het laatste project wordt de robot voorzien van "ogen" die op zoek gaan naar de laadbron voor zijn accu's. Het apparaatje wordt uitgerust met twee "voelsprieten" die als bestek dienen en waarmee het elektronisch diertje contact kan leggen met de elektroden van de acculader.

Vervolgens?
Vervolgens voorlopig niets meer. Of... héél veel! Wie de zes in het kort besproken hoofdstukken doorneemt en aan het experimenteren slaat zal vaststellen dat in feite alleen de grenzen van de eigen ver-

beelding bepalen of er een vervolg komt op óns verhaal.

Follow up op internet
Als er belangstelling voor bestaat zullen wij op de site van "HE&IC" een extra pagina openen voor dit robotproject. Iedereen die wat te melden heeft, nieuwe prototypes heeft ontworpen of nieuwe elektronica heeft bedacht voor het tot leven wekken van dit beestje kan hierop terecht. Wij zijn zéér benieuwd!

4/5.1.2

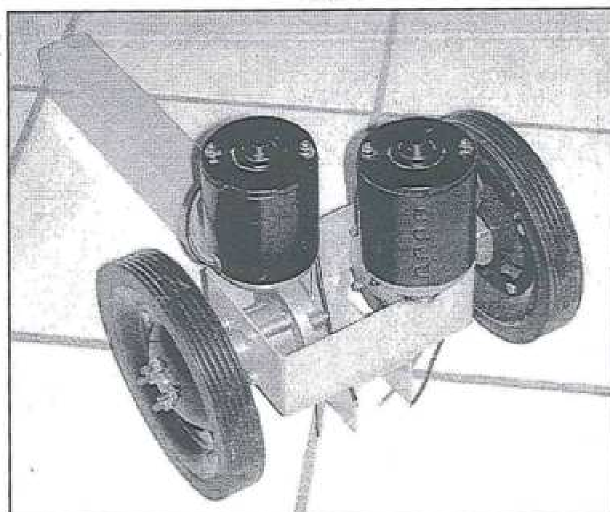
De mechanische constructie

Inleiding

De basis van iedere robot is de mechanische constructie oftewel het loopwerk. Dit loopwerk bestaat uit het chassis, de wielen, de aandrijving, de voeding en de mechanica die nodig is om de robot te kunnen besturen. Zo'n loopwerk kan in principe heel eenvoudig zijn, maar natuurlijk moet men wél over de nodige vaardigheden beschikken om de bouw tot een goed einde te brengen. In ieder geval is het maken van een robot loopwerk voor iedere fijnmechanische knutselaar een échte uitdaging! Zeer handig en eigenlijk onontbeerlijk is het bezit van een aantal catalogi van gespecialiseerde leveranciers. Of het nu aankomt op de keuze van motoren, wielen, tandwielen en constructiematerialen, zonder uitgebreide documentatie over wat allemaal leverbaar is, komt men niet ver. Een van de snelle leveranciers is Conrad uit Enschede, die in haar algemene elektronica catalogus een dik hoofdstuk inruimt voor onderdelen die men nodig heeft als men modellen bouwt. Zie voor meer informatie www.conrad.nl. Ook de speciale internetsite robot.pagina.nl is een bron van informatie.

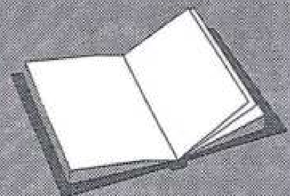
Model 1:
een zéér groot loopwerk

Er bestaat niet één robot, maar ieder ontwerp kan aangepast worden aan de individuele wensen en voorkeuren. Als eerste model van een loopwerk wordt een vrij grote uitvoering getoond. Hoe het loopwerk van deze robot er dus uit kán zien is geschetst in figuur 4/5.1.2-1.

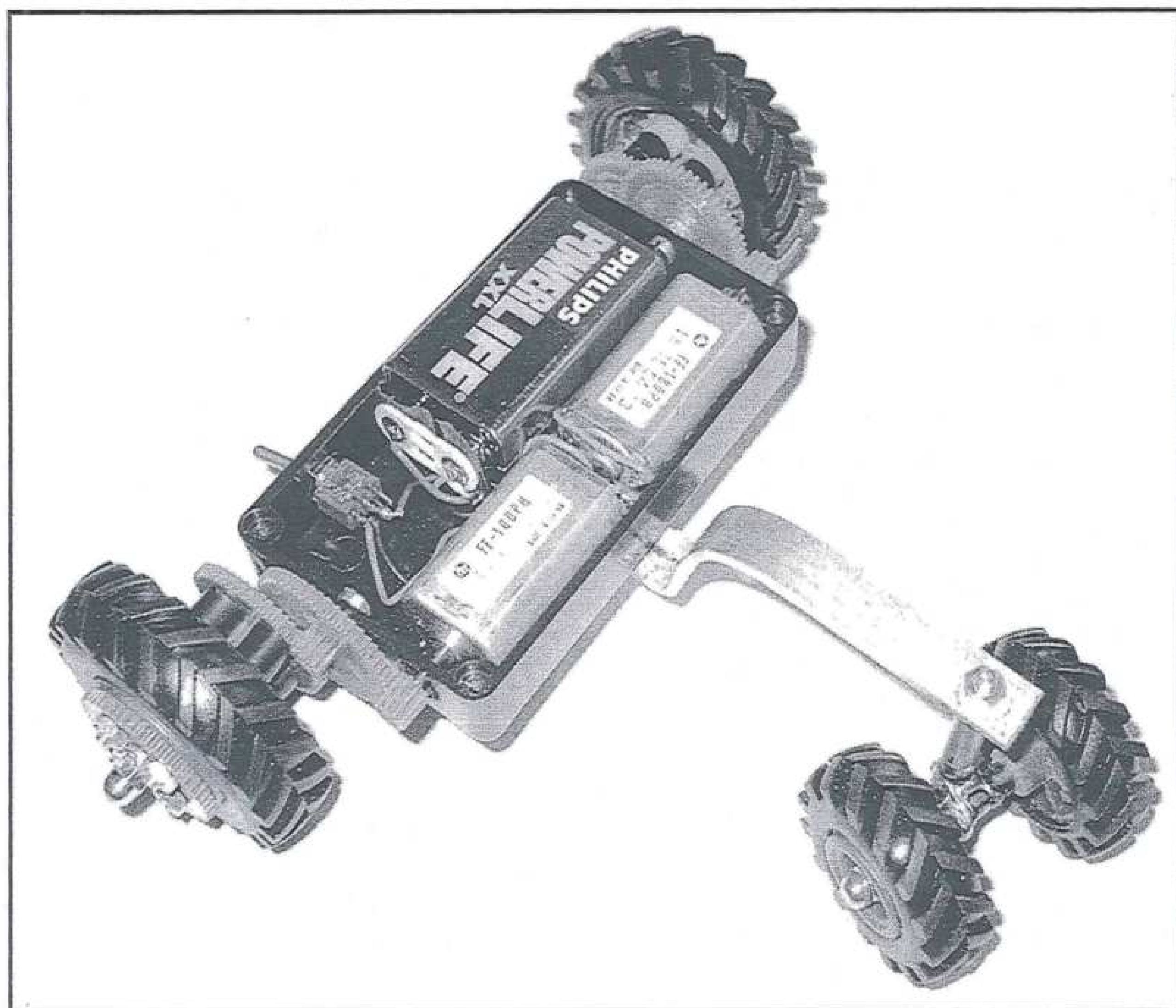


Figuur 4/5.1.2-1: Een uit de kluiten gewassen loopwerk van de robot.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.3
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot



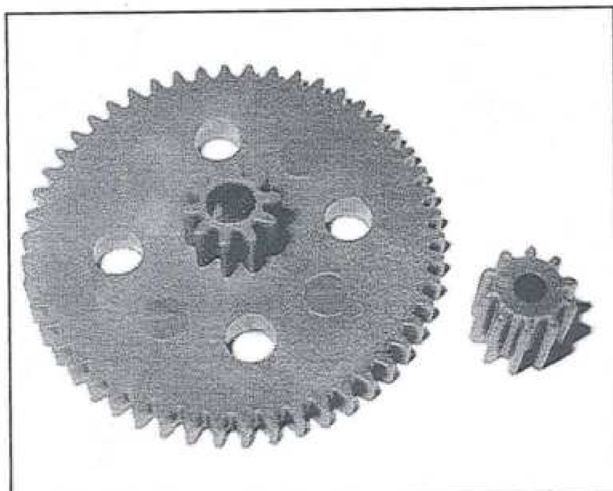
Figuur 4/5.1.2-2: Een tweede uitvoering van een universeel loopwerk, maar nu uitgevoerd met kleine speelgoedmotortjes.

Op de foto zijn twee elektromotoren prominent aanwezig, voorzien van een tandwielkast die een behoorlijke vertraging oplevert. Op de uitgaande as is een wiel vast gemonteerd. De motoren zijn in dit geval (sloop)ruitenwissermotoren van een flinke personenauto en de wielen hebben een diameter van 18 centimeter. Dit voortbewegingsmechanisme vraagt een behoorlijke stroom en heeft een flinke 12 V accu nodig. Toch geeft dit model het principe van het loopwerk uitstekend weer.

Model 2:
een kleiner model

Om kosten, stroom en gewicht te drukken en de hanteerbaarheid te vergroten kan men het loopwerk terugschalen naar het mA-bereik. Dit model wordt wat uitgebreider beschreven en vormt de basis van de elektronische besturing, die in de volgen-

de hoofdstukken aan de orde komt. Twee van de allergoedkoopste 9 V speelgoedmotortjes, plastic tandwieltjes, een handjevol M3 boutjes, moertjes en busjes, een 9 V blokcel en tenslotte een passend kastje is alles wat nodig is, zie figuur 4/5.1.2-2. Alle onderdelen zijn in de reguliere elektronicahandel te krijgen voor een zeer bescheiden bedrag. Als men ook nog de moeite neemt bij de speelgoedwinkel langs te gaan voor een paar knappe wieltjes, mag het resultaat er zijn.



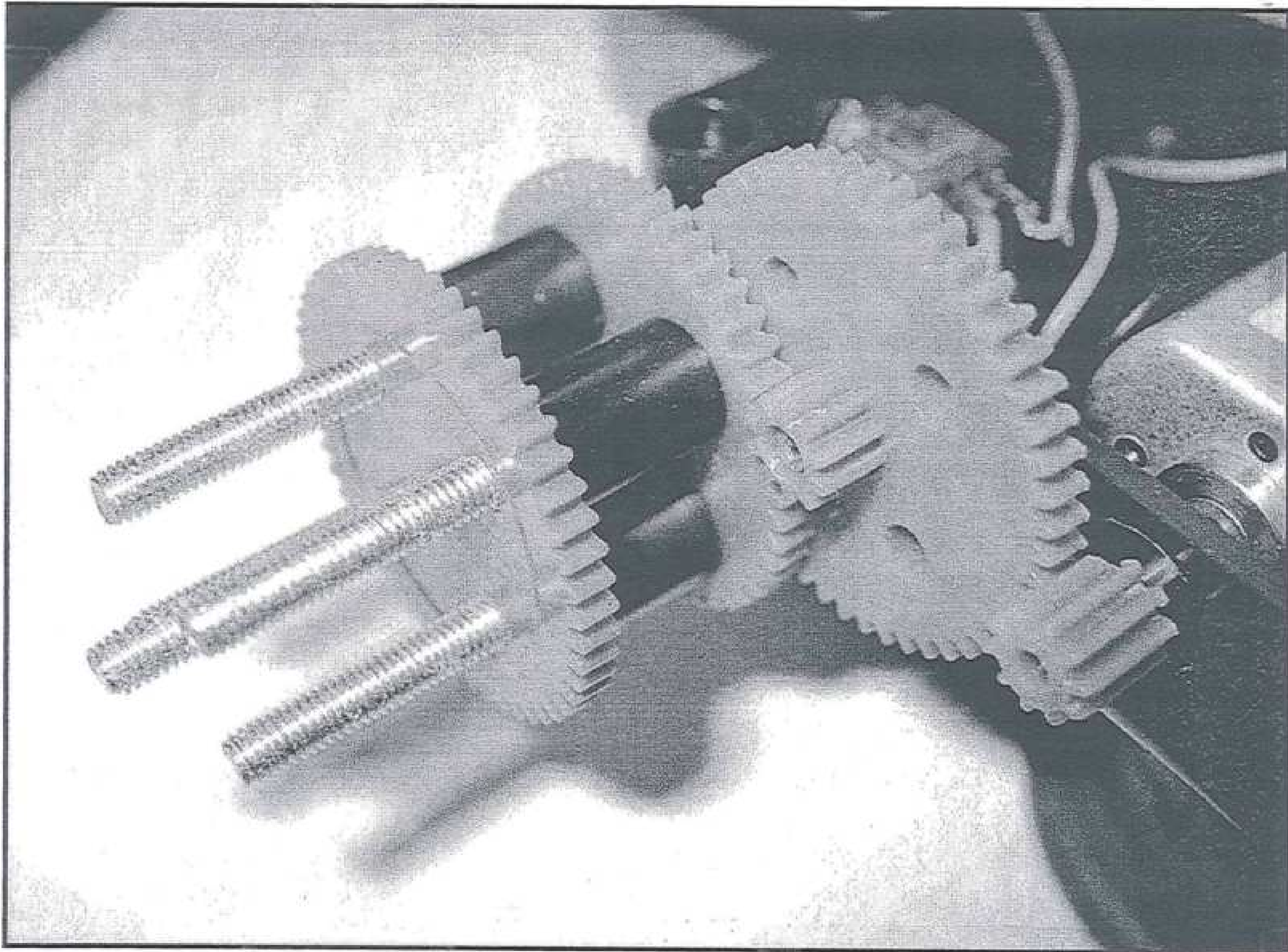
Figuur 4/5.1.2-3: Dergelijke kleine plastic tandwieltjes worden toegepast voor het maken van een vertragingskast.

De vertraging voor de motoren

De meeste standaard motoren hebben een veel te hoog toerental. Motortjes mét ingebouwde vertraging zijn heel bruikbaar en in vele soorten te koop, maar ze zijn behoorlijk duur. Mocht de prijs geen bezwaar zijn en fijnmechanisch knutselen niet de sterkste kant is, dan gaat natuurlijk de voorkeur naar uit naar een exemplaar mét ingebouwde vertraging.
Maar in principe is het niet zo moeilijk om zélf een vertragingskast te construeren. Let er bij de keuze van een motortje zonder vertraging op dat de as een diameter heeft van 2 millimeter. Dat is namelijk de maat van de kleine plastic tandwieltjes die in het hobbycircuit te koop zijn, zie figuur 4/5.1.2-3.
Het kleine tandwiel kan dan met gepaste kracht voorzichtig op de as van de motor worden geduwd. Het grote tandwiel heeft een boring van 3 millimeter. Let goed op de tandwielconfiguratie in de foto van figuur 4/5.1.2-4!
Omdat de wielen op schroefdraad gelagerd zijn, hebben ze bij één van de draairichtingen de neiging naar buiten te bewegen. Omdat het eerste vertragingswiel opgesloten is door het tandwiel op de wielas, is dit op zich geen probleem. Het kan echter gebeuren dat de tanden van de twee grote tandwielen gaan happen. Verbuig de wielas dan een beetje zodat de tanden van het tandwiel op de wielas het eerste vertragingswiel raken vlakbij het kleine tandwiel op dat eerste vertragingswiel. In dat geval kunnen de tanden nooit met elkaar in aanraking komen. Het gaat om enkele tienden van millimeters.

De montage van motoren en vertraging

De motoren zijn met dubbelzijdig schuimtape in de behuizing gefixeerd. Het eerste vertragingstandwiel draait los over een M3 boutje. De schroefdraad geeft weliswaar niet de meest optimale lagering, maar het apparaat hoeft niet naar Rome. De positie van het boorgat in de behuizing voor de vertragingstandwielen is van groot belang.
Om zeker te weten dat het op de goede plaats uitkomt, kan men een tandwiel als boormal gebruiken. Zorg ervoor dat het tandwiel goed tegen het huis aanligt en bovendien spelingvrij ingrijpt in het kleine wiel.



Figuur 4/5.1.2-4: Een voorbeeld van een zélf in elkaar geknutselde vertragingskast.

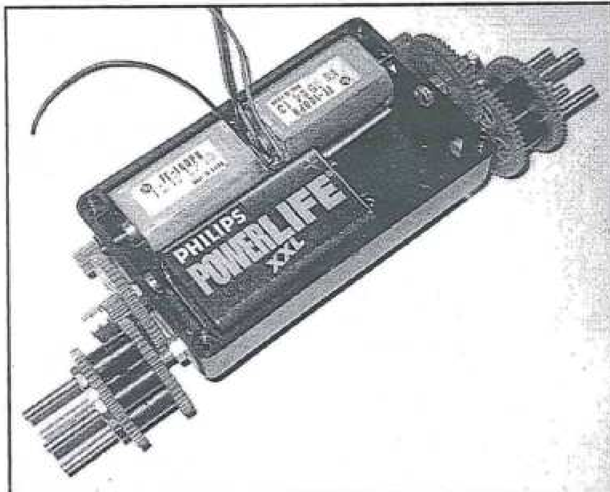
Boor nu via het gat van het tandwiel het gat in de behuizing. Steek een M3 boutje van binnenuit door het gat, zet dit aan de buitenzijde goed vast met een moertje en schuif het tandwiel erop. Dat hoort nu soepel te lopen. Mocht dat niet zo zijn, boor het gat in de behuizing dan op tot 3,5 mm. De bout heeft nu een beetje ruimte en kan tijdens het vastzetten gepositioneerd worden. Hetzelfde gebeurt met het tweede wiel. Mik het zo uit, dat de boutkoppen in de behuizing geen hinder ondervinden van eventueel aanwezige verstijvingrillen. Zoals op de foto van figuur 4/5.1.2-4 is te zien, is het eerste tandwiel iets hoger en het tweede tandwiel iets lager gemonteerd. In een wat ruimer kastje is dat allemaal minder kritisch.

Het tweede tandwiel draait eveneens op een M3 bout die aan de kast is vastgezet. Deze bout moet langer zijn. Op de foto is te zien dat het tandwiel op deze as met een tweede tandwiel gekoppeld is met afstandsbussen, om zo een dubbel lager te vormen. Op de vier bouten wordt straks een passend wiel gemonteerd. Let erop dat de vier boutkoppen in het tandwiel verzonken zijn.

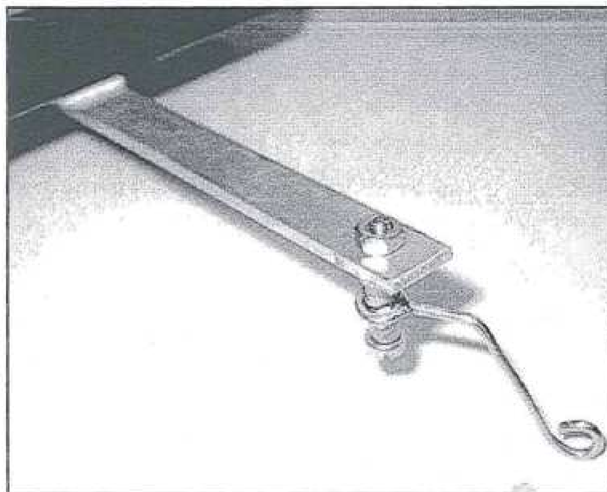
Het loopwerk is klaar

Dat is in feite alles wat nodig is om een goed werkend loopwerk voor een robot te

maken. Het volledig loopwerk is voorgesteld in figuur 4/5.1.2-5.



Figuur 4/5.1.2-5: Het gemonteerde loopwerk van dit tweede model.



Figuur 4/5.1.2-6: Een mogelijke uitvoering van een "sleephaak".

Het loopwerk gaat rijden

Zoals het er nu uitziet, sleept het loopwerk over de grond. Er zijn immers alleen maar twee voorwielen aanwezig! Men kan een heel eenvoudig staartmechanisme maken dat alle bewegingen van het voertuig moeiteloos kan volgen. Hiervoor wordt tegen de bodem van het bakje een strip vastgezet met twee boutjes met verzonken kop aan de binnenzijde van de kastbodem. Hierdoor blijft het bakje aan de binnenzijde glad. Aan het eind van de strip komt een boutje waarover een messing M3 busje is geschoven. Hieraan is een sleepstangetje gesoldeerd is. Een moertje onder de strip (niet zichtbaar in figuur 4/5.1.2-6) wordt zodanig aangedraaid dat het busje nog juist goed kan ronddraaien. Aan de andere kant van de strip komt een tweede boutje dat het geheel opsluit.

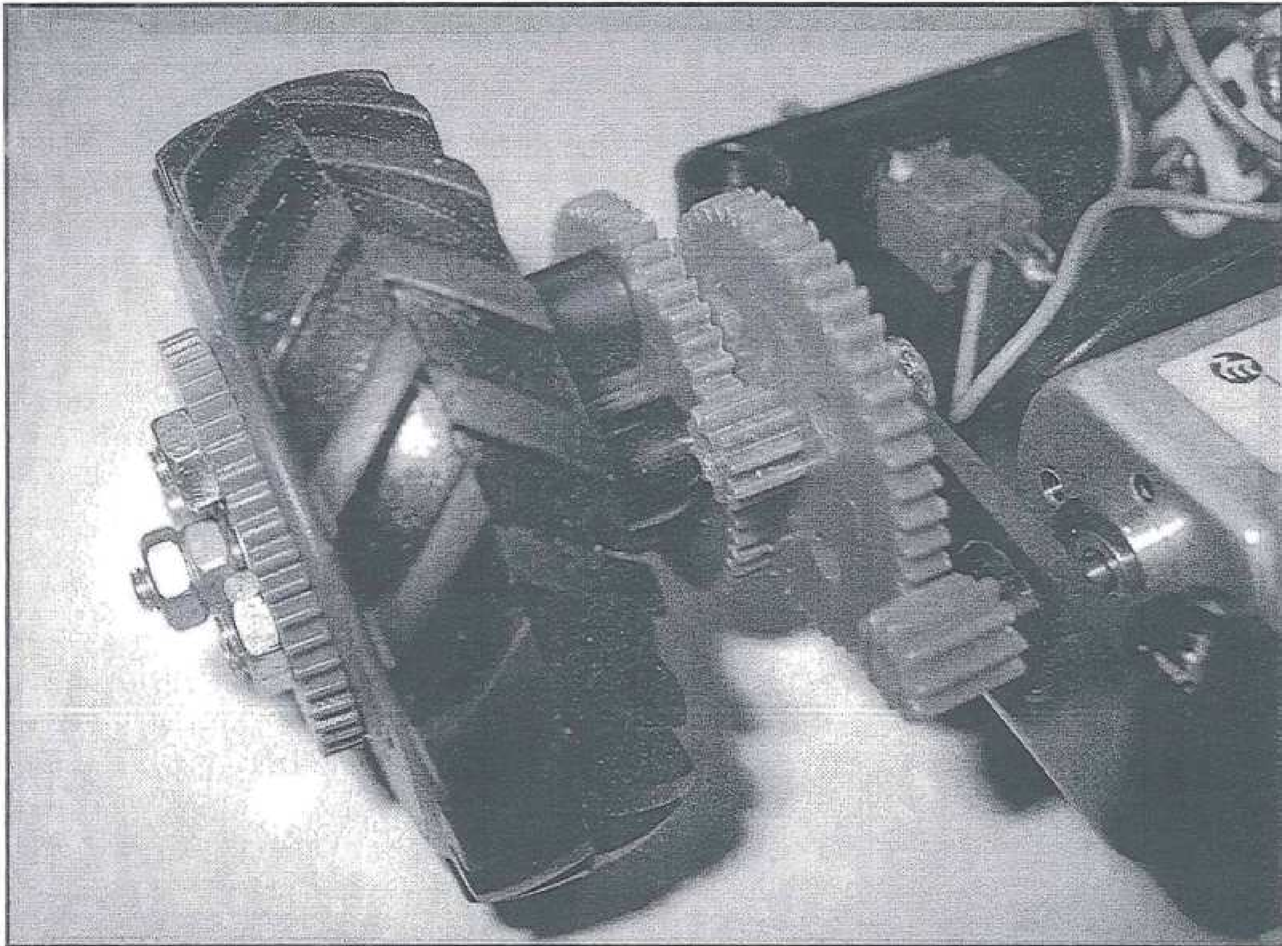


Figuur 4/5.1.2-7: Een wiel dat van een goedkope plastic trekker is gesloopt is érg bruikbaar voor dit robotmodel.

De wielen van de robot

De sleephaak heeft aan de voet een oogje. Mocht het allemaal wat mooier moeten, dan kan men een écht staartwiel bouwen. Wielen zijn natuurlijk zonder meer noodzakelijk! En daarvoor moet men in de speelgoedwinkel zijn.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-8: Het loopwerk wordt voorzien van wieltjes, afkomstig van landbouwtrekkertjes.

Op de afdeling voertuigen zijn goedkope plastic landbouwtrekkertjes met zeer realistisch uitgevoerde wielen te koop. Zoek een plastic trekker uit met wielen van bruikbare afmetingen (kost EUR 6,00 of daaromtrent). Eem bruikbaar wiel voor het loopwerk is voorgesteld in figuur 4/5.1.2-7.
Er bestaan ook prachtige metalen modellen die ook plastic wielen hebben, maar dat is eigenlijk jammer. Bovendien kosten die een veelvoud van de plastic uitvoering. Boor de as gaten op tot 3 millimeter.
De grote wielen worden op de hoofdassen gemonteerd. Het kan zijn dat hiervoor eventueel aanwezige verstijvingribben in de wieltjes verwijderd moeten worden. Zoals de foto van figuur 4/5.1.2-8 laat zien, worden de hoofdwielen ingeklemd tussen de afstandsbussen en het buitenste tandwiel. De as bout steekt door het centrale gat en wordt voorzien van twee tegen elkaar vastgezette moertjes die voorkomen dat het wiel er af loopt. Later is het de bedoeling dat de moertjes met wat nagellak of borgmiddel worden beschermd tegen lostrillen. Maar dat is eerst aan de orde als alles goed werkt!
De praktijk leert dat een en ander tijdens de bouw toch weer af en toe even los moet. Een borgmoertje is ook een goede oplossing.

Model 2 krijgt vorm

Op de overzichtfoto van figuur 4/5.1.2-9 is een dubbel staartwiel afgebeeld. Een miniatuur landbouwtrekker heeft twee grote en twee kleine wielen. De laatste twee vormen een prachtige staartsectie. Het staartwiel lijkt op een constructie die bekend is van opleggers. Twee messing busjes zijn haaks op elkaar gesoldeerd. Om die werkzaamheid te vereenvoudigen, kan men met een stukje koperdraad een "broekenmannetje" aanleggen zoals betonvlechters dat doen. Een lange M3 bout gaat door de wielassen en de horizontale bus. De verticale bout wordt met twee moertjes, één aan beide zijden van de strip, zodanig afgesteld dat het geheel vrij kan draaien zonder al te veel speling. De staartwielen volgen moeiteloos elke beweging, ook achteruit rijden vormt geen enkel probleem. Deksel erop en klaar is het loopwerk!



Figuur 4/5.1.2-9: Het tweede model is klaar voor de elektronica!

Model 3: ook epoxy printplaat is bruikbaar!

Wie het werken met metaal niet zo ziet zitten kan ook dit derde model nabouwen, waarbij het "chassis" uit niets meer bestaat dan een plaatje epoxy printplaat! Voor dit project wordt een speciaal chassis gemaakt op basis van gewone enkelzijdige printplaat.

Op deze plaat worden alle onderdelen vastgeschroefd. Om het nog gemakkelijker te maken wordt bij dit derde model uitgegaan van motoren met een aangebouwde vertraging. Afhankelijk van de grootte van de wielen kiest men een toerental in de buurt van 59 omwentelingen per minuut bij kleine wielen of 31 omwentelingen per minuut als de wielen iets groter zijn uitgevallen. Een snelheid tussen 10 en 20 centimeter per seconde is heel geschikt. Hoe dit model er na een paare uurtjes knutselen uitziet blijkt uit de foto van figuur 4/5.1.2-10.

Hoe de grote aandrijfwielen aan de as van de motor worden bevestigd blijkt uit figuur 4/5.1.2-11.

Alternatieven

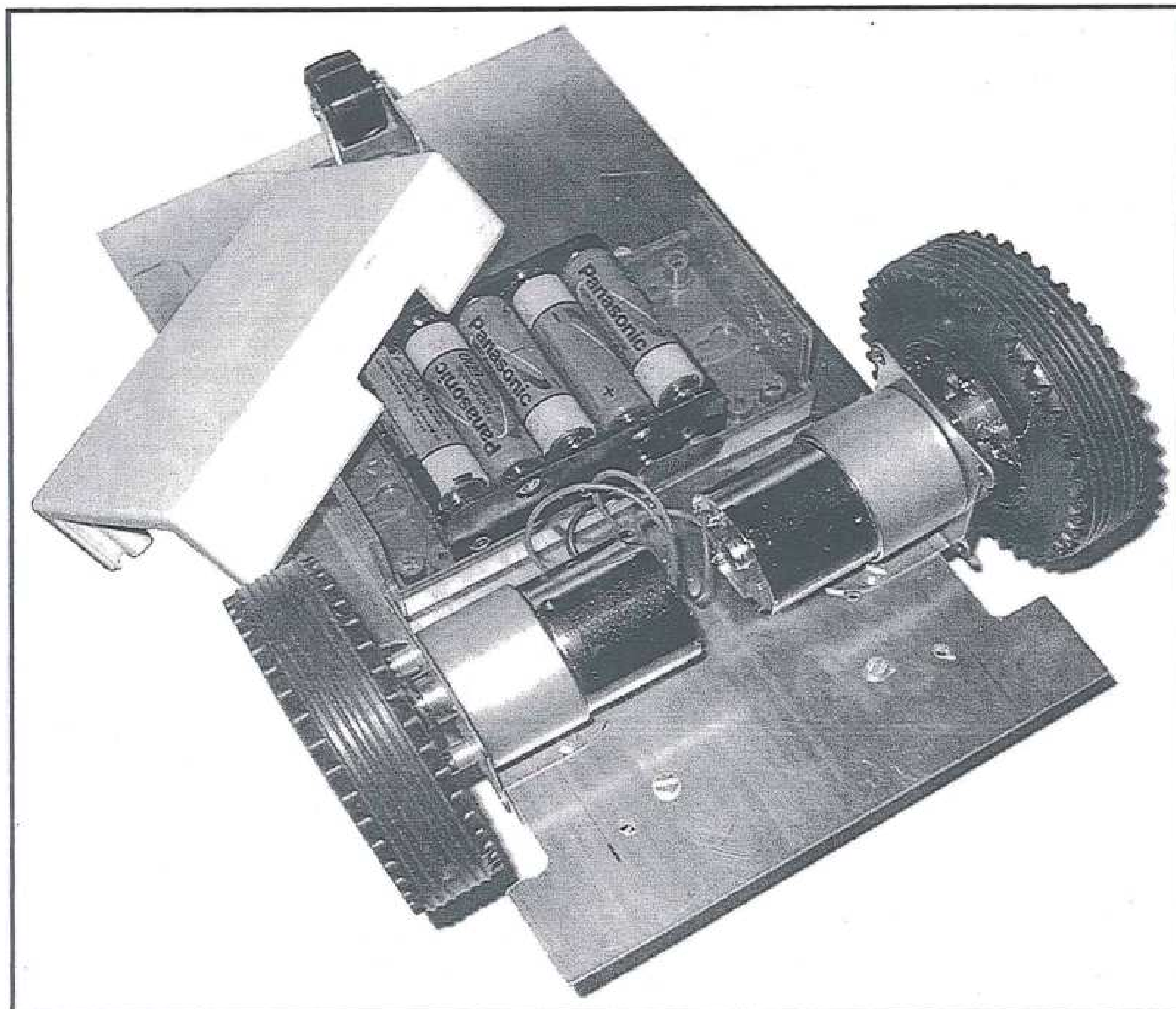
Natuurlijk zijn er vele alternatieve mogelijkheden, afhankelijk van budget en verkrijgbaarheid.

De foto van figuur 4/5.1.2-12 toont diverse motoren met en zonder vertraging in verschillende prijsklassen. Een bezoekje aan de elektronica shop of de modelbouw winkel zal verhelderend werken.

Snelheid versus toerental

Ook wat betreft de uiteindelijke "rijsnelheid" van het model heeft men alle persoonlijke vrijheid. Het zal duidelijk zijn dat er een wiskundig verband bestaat tussen het toerental waarmee de wielen worden aangedreven, de diameter van de wielen en de robotsnelheid. In de grafiek van figuur 4/5.1.2-13 is dit verband aangegeven voor vier verschillende toerentallen. Let op!

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-10: Het derde model is klaar voor de elektronica!

Dit zijn natuurlijk niet de toerentallen van de motorassen, maar deze van de aandrijfwielen. Alleen als motoren mét ingebouwde vertraging worden toegepast waarvan de assen rechtstreeks op de aandrijfwielen zijn bevestigd, is de motorsnelheid gelijk aan het toerental van de aandrijfwielen. Het begrip "RPM" staat voor "omwentelingen per minuut".

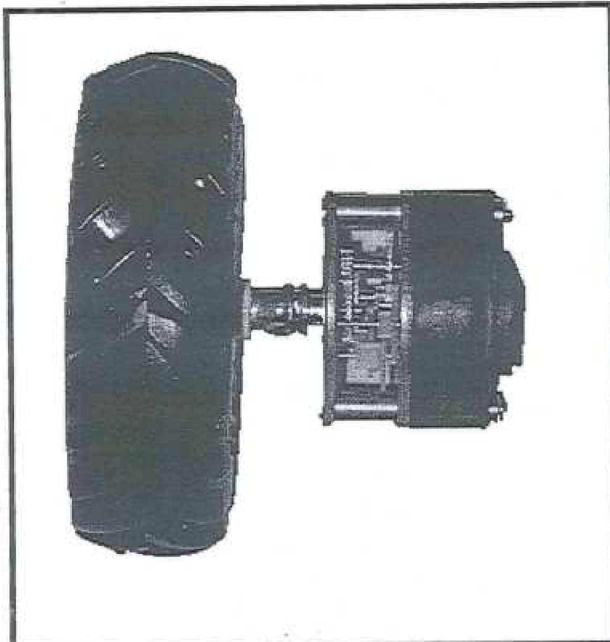
Hogere toerentallen zijn geschikt voor race-robots en grote ruimten. Ze genieten bepaald niet de voorkeur op een studentenkamer. Heel geschikte motortjes zijn te vinden in de diverse modelbouw/elektronica zaken.

De bedrading in het loopwerk

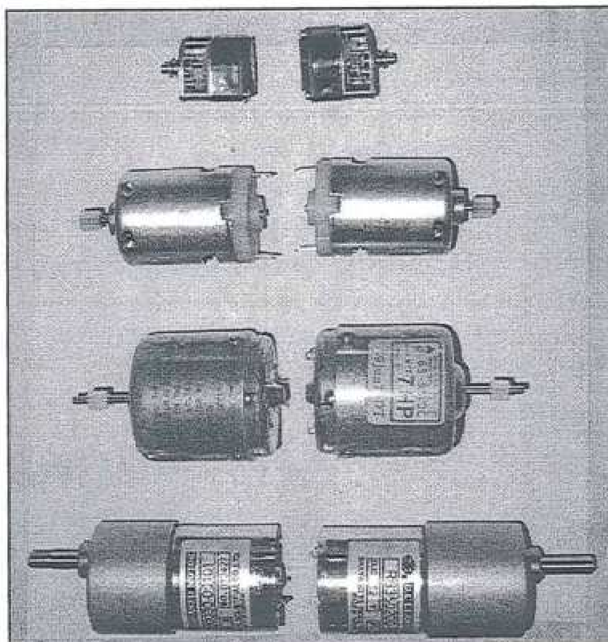
De motoren worden afzonderlijk bedraad. Uit het mechanische deel komen dus twee maal twee motordraden en twee batterijdraden.

Om straks de aansluiting op de elektronica simpel te houden, kan gebruik worden gemaakt van een vijfpolige aansluitplug waar de draden al aan zitten, zie figuur 4/5.1.2-14.

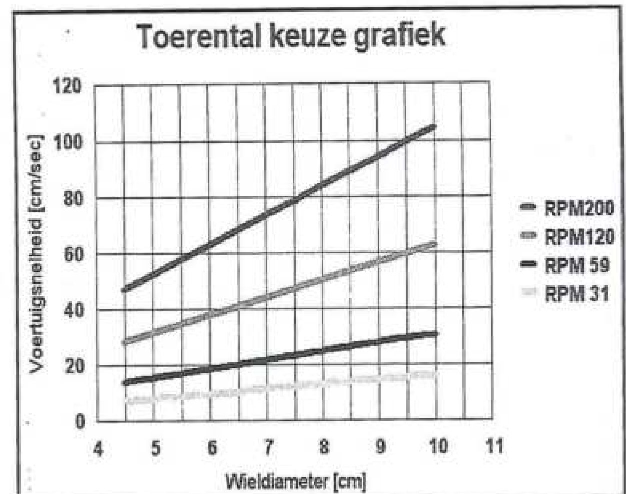
5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-11: Het bevestigen van de grote aandrijfwielen op de as van de motor met ingebouwde vertraging.



Figuur 4/5.1.2-12: Diverse motoren in verschillende prijsklassen, die bruikbaar zijn voor de bouw van een robot loopwerk.

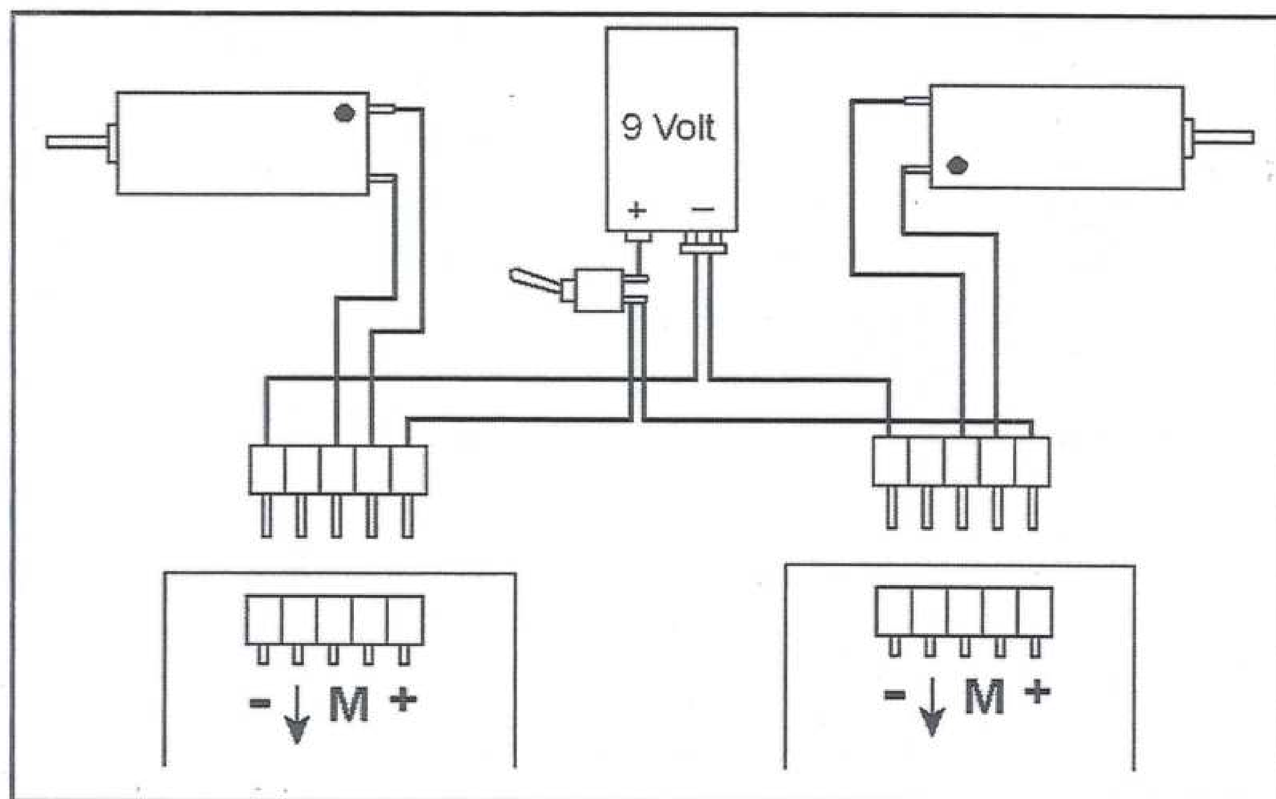


Figuur 4/5.1.2-13: Het verband tussen de omwentelingssnelheid van de aandrijfwielen, de diameter van deze wielen en de snelheid van de robot.

De plug zélf wordt straks in het bijbehorende contact op de elektronicaprint gestoken. De losse draaduiteinden worden direct aan de motoren en de batterij gesoldeerd. Let wel, per motor wordt zo'n vijfpolige aansluiting gebruikt. De batterij wordt op beide kabels aangesloten. Op elke connector blijft één draad ongebruikt. Dat wordt straks de signaalingang. Het is handig de batterij aan te sluiten via een batterijclip. Nog handiger is het daarnaast ook een schakelaar op te nemen in een voedingsleiding van de batterij. De schakelaar vindt een plaats in de behuizing, zodanig dat hij aan de buitenzijde bediend kan worden.

De stekers gaan maar op één manier in de op de printjes gesoldeerde connectoren. Let er goed op dat ze in de juiste stand gemonteerd worden. Mocht er geen gebruik gemaakt worden van connectoren maar van vaste bedrading, dan kan dat natuurlijk ook. Op het schema van figuur 4/5.1.2-14 staat een deel van de omtrek van de besturingsprintjes.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.2-14: De fundamentele bedrading in het loopwerk.

Dat maakt nieuwsgierig. In het volgende hoofdstuk worden de motoren elektronisch bestuurd.

Slotopmerking

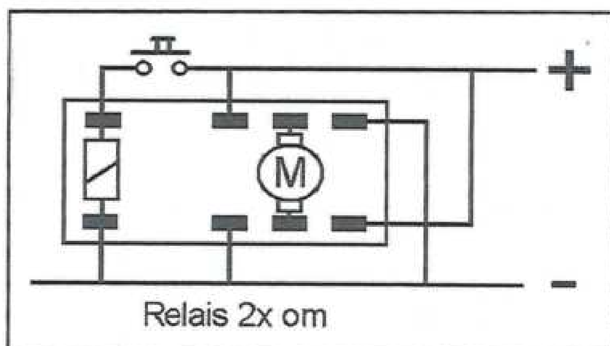
De overbrengingen, wieldiameter, motortoerental en voedingsspanning zijn allemaal factoren die de beweging beïnvloeden. Kleinere wielen maken het platform minder snel maar krachtiger. Mocht de snelheid veel te hoog zijn, kan eventueel een extra vertragingstandwiel gemonteerd worden. Bij tegengestelde motor draairichting, maakt het loopwerk een fraaie pirouette. Als één van de motoren stil staat, draait het loopwerk om het stilstaande wiel. Het geheel mag best wel pittig reageren. In een volgend hoofdstuk komen alle mogelijke basisbewegingen aan de orde. Maar pas als het mechanische deel van het loopwerk naar behoren werkt, wordt het tijd om de soldeerbout warm te stoken!

4/5.1.3

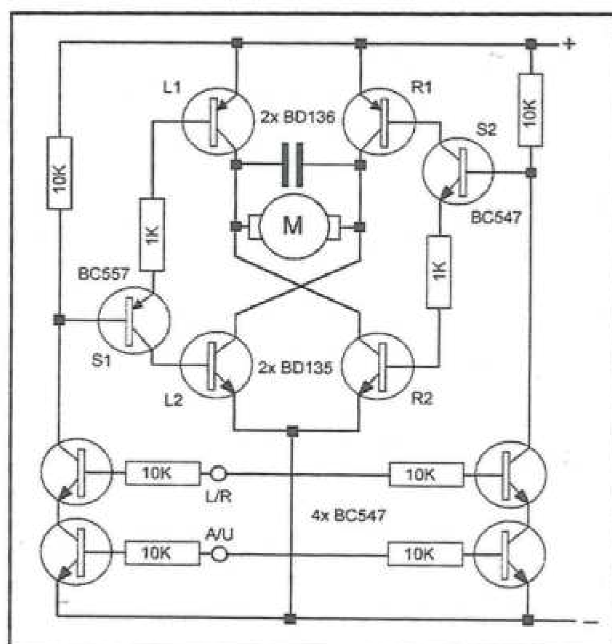
Motorsturing

Inleiding

Met een relais is op eenvoudige wijze de draairichting van een gelijkstroom elektromotor om te keren. Daarvoor zijn twee omschakelcontacten nodig. De tekening van figuur 4/5.1.3-1 toont de aansluitgegevens aan de onderzijde van zo'n relais.



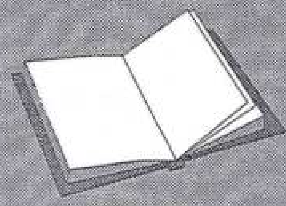
Figuur 4/5.1.3-1: Het besturen van de motoren met relais.



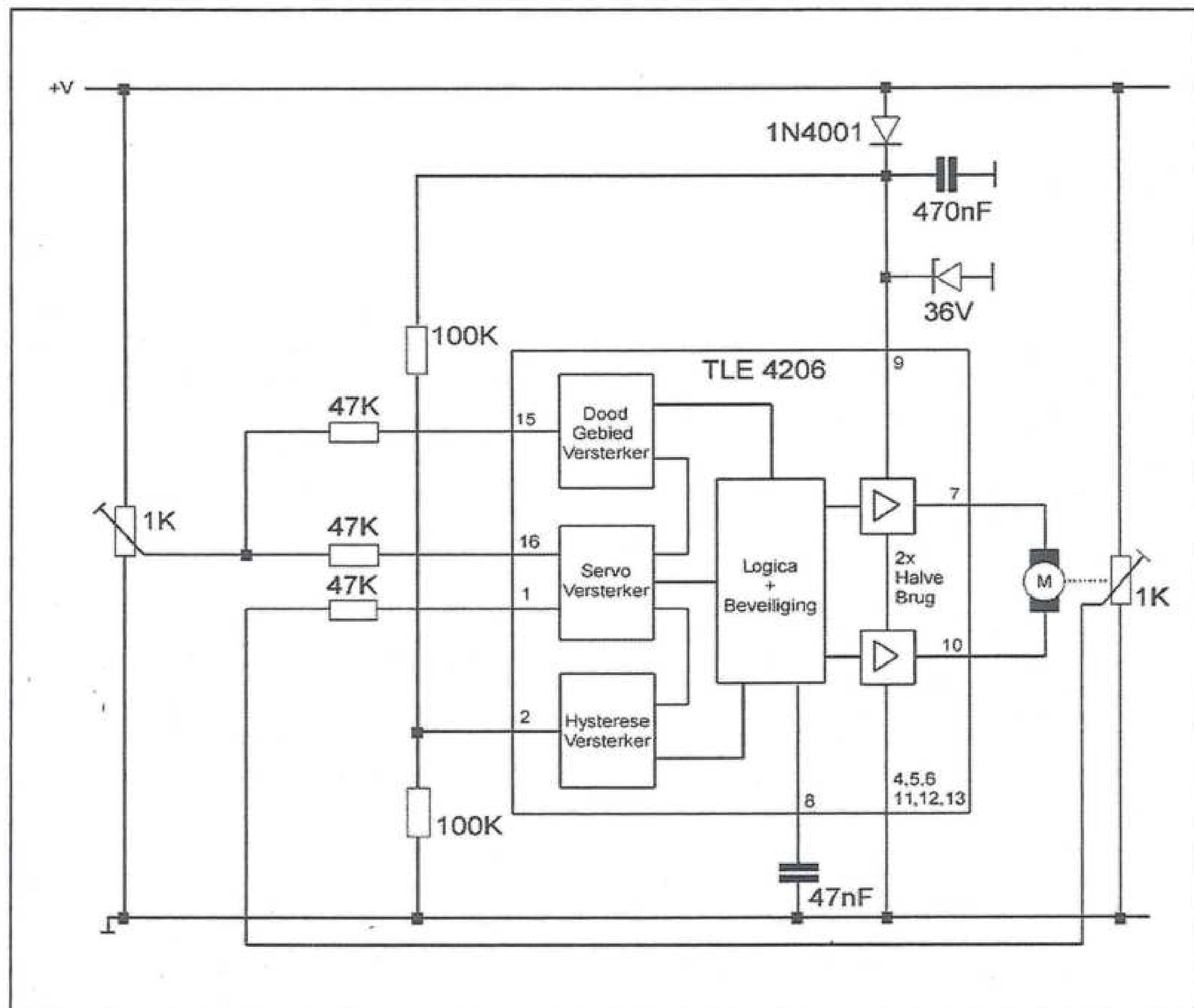
Figuur 4/5.1.3-2: Het besturen van de motoren met een brugschakeling met transistoren.

Toch is dit natuurlijk een beetje ouderwets! Een goed alternatief is een brugschakeling met transistoren, zoals voorgesteld in figuur 4/5.1.3-2. Stel men legt de links/rechts-stuuringang L/R aan massa en de aan/uit ingang A/U aan de plus. Stuurtransistor S2 gaat dan geleiden en S1 blokkeert. L1 en L2 blijven dicht en R1 en R2 gaan open. De motor draait rechtsom. Omgekeerd, als L/R aan de plus ligt, stuurt S1 open en geleiden L1 en L2. De draairichting van de motor keert om.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/5.1.1
Hoofdstuk 4/5.1.2
Hoofdstuk 4/5.1.4
Hoofdstuk 4/5.1.5
Hoofdstuk 4/5.1.6
Hoofdstuk 4/5.1.7



5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.3-3 De basisschakeling rond de TLE4206.

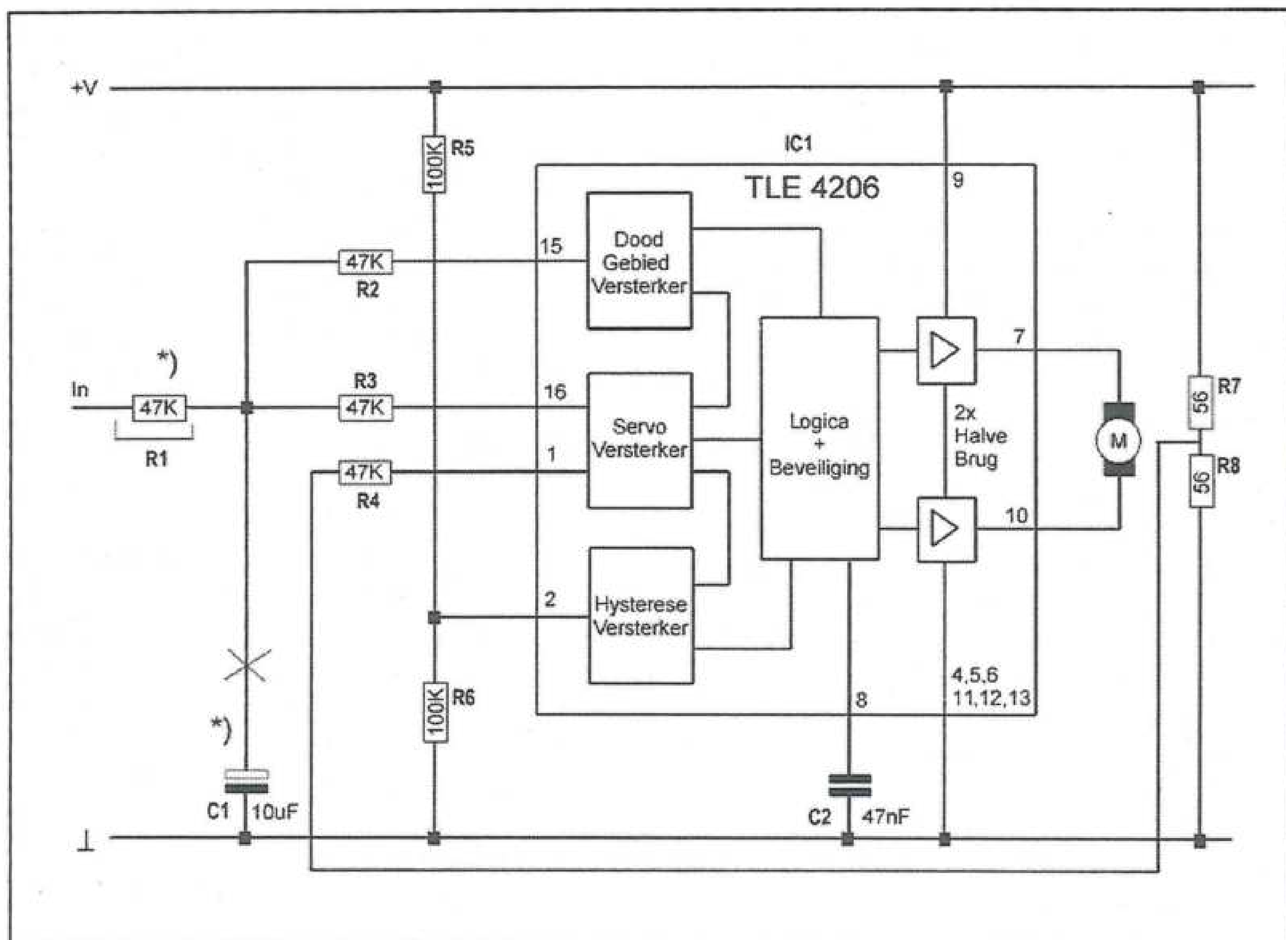
Stel dat onder deze conditie een klein stoorpulsje (bijvoorbeeld van de motor) op de basis van S2 komt. Heel even staan dan alle transistoren open en zijn vervolgens allemaal stuk. Dit verschijnsel heet stroomdoorslag en dit soort H-bruggen is er berucht om.

Om deze reden heeft de industrie een aantal IC's ontwikkeld, waarbij de getekende H-brug wél toegepast wordt, maar dan aan alle kanten beveiligd tegen stroomdoorslag. Omdat deze IC's over het algemeen ontwikkeld zijn voor industrieel gebruik, hangt er een prijskaartje aan dat voor hobby-gebruik minder interessant is.

Besturen met de TLE4206

Het zoeken naar een goedkoper alternatief leverde een IC op dat bedoeld is voor de hoogteverstelling van koplampen in auto's. Het bezit alle interne beveiligingen om stroomdoorslag te voorkomen, maar heeft een voor servomotoren typische configuratie met een potentiometer.

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.3-4: De praktische schakeling van de motorbesturing.

De schakeling zorgt ervoor dat de stand van de regelknop op het dashboard (een potentiometer) vergeleken wordt met de stand van een potentiometer die aan de koplampunit is gekoppeld. De motor zorgt ervoor dat de standen overeenkomen. Voor iets meer dan EUR 3,00 krijgt men de beschikking over dit zeer handige IC, de TLE4206, een 16 potig juweeltje dat er in zijn basisschakeling uitziet als getekend in figuur 4/5.1.3-3. Het IC wordt gefabriceerd door Siemens, een oerdegelijke en oeroude Duitse fabrikant die tegenwoordig blijkbaar als "Infineon" door het leven wenst te gaan.
De linker potentiometer zit in de auto, de rechter is mechanisch gekoppeld aan de lampverstellingsmotor. Om te voorkomen dat de motor om het nulpunt gaat jitteren, kan een dood gebied worden ingesteld (bovenste versterkerblok) met externe weerstanden. Datzelfde geldt voor de hysteresis (onderste versterkerblok). De servoversterker zorgt ervoor dat de motor probeert beide potentiometerwaarden gelijk te maken. De twee halve bruggen hebben de functie zoals in de eerder beschreven transistoruitvoering. De condensator aan pen 8 onderdrukt storingen die voortkomen uit stroompieken. In de voeding zit nog een ontstoorcondensator, een beveiliging tegen spanningspieken (zenerdiode) en een diode die beschermt tegen ompolen van

de voedingsspanning. Voor de toepassing als robotbesturing zijn deze dioden niet noodzakelijk. De linker potentiometer wordt ook niet gebruikt, zodat een stuursignaal rechtstreeks kan worden aangesloten op het punt waar nu nog de loper zit. De rechter potentiometer wordt vervangen door twee gelijke weerstanden die het nulpunt vastleggen.

De TLE4206 in de robot

De overgang van een bepaalde beweging naar een andere gaat erg abrupt. Dat gedrag past goed een robot, maar de bewegingen zijn wel erg hoekig. De TLE4206 stuurt de motor aan door middel van pulsbreedte modulatie. De aansturing zoals die in de volgende hoofdstukken wordt beschreven is digitaal. Er wordt daarbij alleen gebruikt gemaakt van de drie toestanden:

- motor vol vermogen linksom;
- motor stop;
- motor vol vermogen rechtsom.

Alle tussenliggende snelheden worden genegeerd. Toch kan men dat deel van het regelgebied gebruiken om de bewegingen van de robot wat meer af te ronden. Die meer natuurlijke beweging wordt gerealiseerd met een weerstandje en een condensator als vertraging aan de ingang. Let wel, dit is een optie. Als de voorkeur uitgaat naar een Spartaans bewegende robot, dan wordt de condensator *) weggelaten en de weerstand *) door een draadbrug vervangen. Dat is ook de beste manier om te beginnen. De bewegingen zijn dan duidelijk gescheiden. Het totaalschema ziet er nu uit als getekend in figuur 4/5.1.3-4.

De bouw van de schakeling

De schakeling is zó eenvoudig dat het geheel eventueel ook op gaatjesboard betrouwbaar is te bouwen. Maar, in figuur 4/5.1.3-5 is een printontwerpje voorgesteld, waar de onderdelen volgens de bestukkingstekening van figuur 4/5.1.3-6 op ondergebracht kunnen worden.

Opmerkingen

Het zal wel duidelijk zijn dat er twee van dergelijke printjes moeten worden gebouwd, voor iedere motor één. Maar, met deze printen zijn we er nog niet. De ingang heeft in feite drie hoofdcondities.

ONDERDELENLIJST

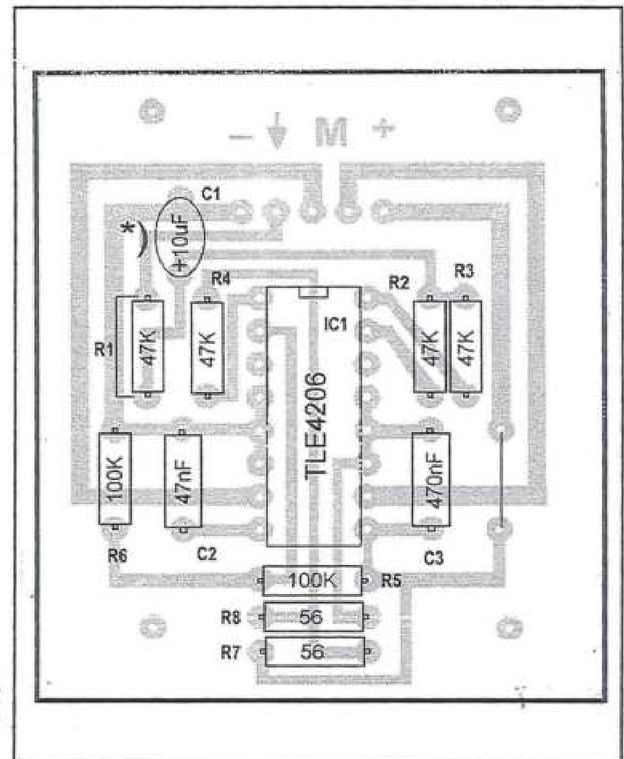
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R2,R3,R4	47 kΩ	
R5,R6	100 kΩ	
R7,R8	56 Ω	
CONDENSATOREN		
C1	10 µF	16 V printelco
C2,C3	47 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
IC1	TLE4206	

5.1 Een universele robot

- Als hij (bijna) aan nul ligt draait de motor een bepaalde kant op.
- Als de ingang op de voedingsspanning ligt, draait de motor in de andere richting. Zorg ervoor dat deze richting overeenkomt met een achteruit rijdende beweging! Als dat niet het geval is moet de motor omgepoold worden.
- Op halve voeding staat hij stil.

De fabrikant heeft het IC zo uitgevoerd dat de nul iets boven massa moet liggen. Als het IC met logica wordt aangestuurd, wordt automatisch aan die voorwaarde voldaan. Als de stuuringang echt aan een harde massa ligt kan dat duiden op kortsluiting in de bedrading. Uit veiligheidsoverwegingen wordt de motor in dat geval niet aangestuurd.

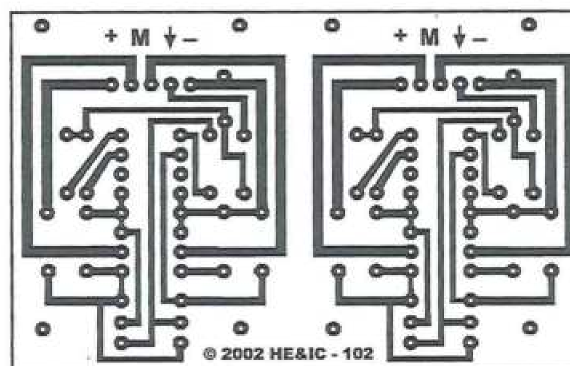
In het volgende hoofdstuk wordt duidelijk hoe de motorsturing, die in feite tri-state is, toch met een digitaal signaal kan worden aangestuurd.



Figuur 4/5.1.3-6: De componentenopstelling van de motorbesturing.

5.1 Een universele robot

5.1 Een universele robot



Figuur 4/5.1.3-5: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

5.1 Een universele robot

Home elektronica

4/14.23 **Elektronische regeling van de centrale verwarming** [1)]

4/14.24 **Een elektronisch weerstation** [1)]

4/14.49 **Elektronische water-ontharder**
(verschenen in de 82e aanvulling)

4/14.60 **Exclusief weerstation met dot-bar display**
(verschenen in de 90e aanvulling)

4/14.63 **Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten**
(verschenen in de 94e aanvulling)

4/14.70 **Universele tiptoets schakelaar**
(verschenen in de 102e aanvulling)

Indicator schakelingen

4/14.9 **Elektronische verplaatsingsmeter (pulsteller)**
(verschenen in de 2e aanvulling)

4/14.17 **Universele digitale paneelmeter voor DC en AC_{eff}**
(verschenen in de 50e aanvulling)

4/14.22 **Universele laagfrequent LED-indicator**
(verschenen in de 9e aanvulling)

4/14.47 **Eenvoudige leidingzoeker**
(verschenen in de 80e aanvulling)

4/14.55 **Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter**
(verschenen in de 87e aanvulling)

Licht schakelingen

4/14.8 **Lichtslangsturing**
(verschenen in de 2e aanvulling)

[1)] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/14.37 Sluimerdimmer met hoofd- en nevensensoren
(verschenen in de 16e aanvulling)

Motor besturingen

4/14.26 Voeding voor printboormachine
(verschenen in de 21e aanvulling)

4/14.30 Toerental regeling voor DC-motoren
(verschenen in de 59e aanvulling)

Spelletjes

4/14.65 Elektronische dobbelsteen
(verschenen in de 100e aanvulling)

4/14.66 Elektronisch touwtrekken
(verschenen in de 100e aanvulling)

Telecommunicatie schakelingen

4/14.18 Elektronische telefoonbel
(verschenen in de 9e aanvulling)

4/14.28 Eenvoudige telefoon beantwoorder
(verschenen in de 21e aanvulling)

4/14.41 "Telefoon bezet"-indicator
(verschenen in de 64e aanvulling)

4/14.48 Eenvoudige digitale optische link
(verschenen in de 80e aanvulling)

4/14.52 Alarmmelder via het PTT-net
(verschenen in de 85e aanvulling)

4/14.53 Optische telefoon-oproep indicator
(verschenen in de 86e aanvulling)

4/14.54 Op afstand besturen via het PTT-net
(verschenen in de 86e aanvulling)

4/14.51 Telefoongesprekken automatisch opnemen
(verschenen in de 89e aanvulling)

4/14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn
(verschenen in de 89e aanvulling)

4/14.59 Grootvolume telefoonbel
(verschenen in de 89e aanvulling)

4/14.67 Meeluister versterker voor de telefoon
(verschenen in de 101e aanvulling)

4/14.68 Automatische telefoon omschakelaar
(verschenen in de 101e aanvulling)

4/14.69 Elektronische telefoonbel (2)
(verschenen in de 101e aanvulling)

Tijd en chronometer schakelingen

4/14.12 Analoog/digitaal timer met groot bereik
(verschenen in de 25e aanvulling)

4/14.13 Elektronische tijdschakelaar
(verschenen in de 5e aanvulling)

4/14.19 Elektronische tijdschakelaar voor trappenhuis verlichting
(verschenen in de 9e aanvulling)

4/14.32 Programmeerbare tijdschakelaar met LED-display
(verschenen in de 18e aanvulling)

4/14.33 Timer voor WC-ventilator
(verschenen in de 60e aanvulling)

4/14.38 Universele comparator met tijdvertraging
(verschenen in de 41e aanvulling)

4/14.40 Reactietijd tester
(verschenen in de 62e aanvulling)

4/14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting
(verschenen in de 74e aanvulling)

4/14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display
(verschenen in de 91e aanvulling)

Voeding schakelingen

4/14.2 **Ontlaadbeveiliging voor Nicad cellen**
(verschenen in de 5e aanvulling)

4/14.3 **12 V_{DC} naar 220 V_{AC} omzetter voor kleine belastingen**
(verschenen in de 48e aanvulling)

4/14.10 **Hulpapparaat voor het automatisch uitschakelen van een accu-lader**
(verschenen in de 4e aanvulling)

4/14.11 **Pulsbreedte gestuurde voeding voor DC-belastingen**
(verschenen in de 56e aanvulling)

4/14.14 **Transformatorloze AC/DC omzetter**
(verschenen in de 9e aanvulling)

4/14.16 **Ladingscontrole voor Nicad cellen**
(verschenen in de 57e aanvulling)

4/14.35 **Spanningsniveau converter, TTL naar bipolair**
(verschenen in de 14e aanvulling)

4/14.36 **Spanningsniveau converter, bipolair naar TTL**
(verschenen in de 14e aanvulling)

4/14.70

Universele tiptoets schakelaar

Inleiding

Om maar eens met een kritische oprisping te beginnen: tiptoetsen oftewel aanraakschakelaars zijn volstrekt overbodig, want er is niemand die ooit buiten adem is geraakt door het bedienen van een normale mechanische schakelaar, of erger nog, een vingerkootje gebroken heeft bij verwoede pogingen tot het omschakelen van een tuimelschakelaar.

Toch zal, tenzij er een formidabele aardverschuiving optreedt in het denken over de zin en de onzin van de moderne techniek (wat niet waarschijnlijk lijkt), de gewone mechanische schakelaar waarmee u nu het licht aanschakelt, in het jaar 2050 bijgezet zijn in het oudheidkundig museum.

Net zoals oma's draaischakelaar algemeen vervangen is door de wipschakelaar zal dan deze laatste afgelost worden door een elektronische aanraakschakelaar, die het licht langzaam uit- of aanschakelt.

Tiptoetsen

Het principiële verschil tussen een normale schakelaar en een tipschakelaar is, dat bij de eerste een mechanisch onderdeel aangeraakt moet worden, waarna er op dit onderdeel een kracht moet worden uitgeoefend (indrukken van een drukknop, kantelen van een tumbler, draaien aan een draaischakelaar), terwijl bij de tipschakelaar het aanraken voldoende is om de schakelaar te activeren.

De contacten van de tiptoets bestaan meestal uit een symbool, dat op een printplaatje geëtst is. Het licht beroeren van dit symbool is reeds voldoende om de elektronica aan het werk te zetten.

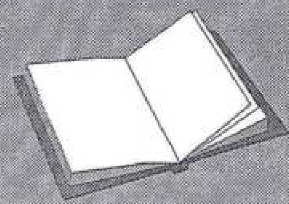
Er bestaan twee systemen om elektronische schakelingen te laten reageren op contact met de huid:

- resistieve tiptoetsen;
- inductieve tiptoetsen.

Resistieve tiptoetsen

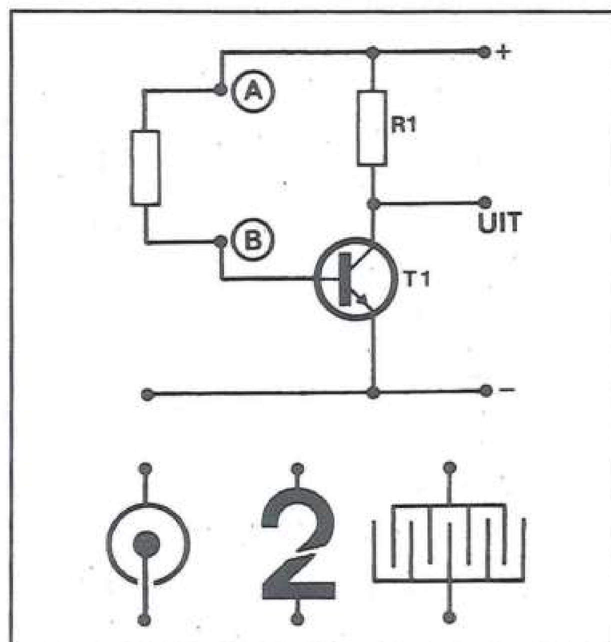
Het eerste systeem, getekend in figuur 4/14.70-1 (boven), maakt gebruik van de ohmse weerstand van de menselijke huid. Als men met de top van een vinger de contacten A en B overbrugt, dan zal er een bepaalde stroom van de positieve spanning, via de huidweerstand, in de basis van de transistor vloeien. De halfgeleider gaat hierdoor min of meer geleiden. Over de

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.1



14.70 Universele tiptoets schakelaar

weerstand in de collectorkring ontstaat een spanningsval, die verwerkt kan worden door de rest van de schakeling.

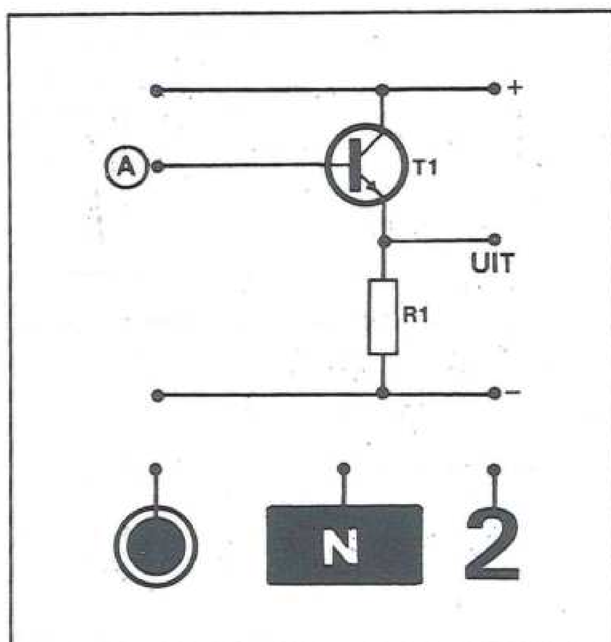


Figuur 4/14.70-1: Tiptoetsen die werken op het principe van de weerstand van de menselijke huid.

Het principiële nadeel van dit systeem is, dat de sensor opgebouwd moet zijn uit twee contacten.
In figuur 4/14.70-1 (onder) zijn enige veel gebruikte uitvoeringen van dergelijke sensoren getekend. Cijfers of letters, die de functie van de tiptoets toelichten, moeten dus in twee delen gehakt worden, wat het esthetisch uiterlijk niet ten goede komt.
Naast het principiële bezwaar zijn er ook enige praktische moeilijkheden, die de werking van de schakeling kunnen verstoren. Op de eerste plaats is natuurlijk de weerstand van de huid geen constante factor. Deze variëert niet alleen van persoon tot persoon, maar is eveneens afhankelijk van de emotionele toestand van het individu, dat de schakelaar wil bedienen. Besluit is dat de schakelaar zó gevoelig moet zijn, dat een weerstand van een paar MΩ reeds tot het gewenste schakel-effect aanleiding geeft. Niet alleen vereist dit een flinke versterking van de minieme stroom en dus het gebruik van vele transistoren, maar bovendien kan het gebeuren dat door vervuiling van de sensor de goede werking verstoord wordt.
Bovendien kunnen de contacten van de sensor door oxydatie langzaam gaan isoleren, zodat de schakelaar het niet meer doet. Het enige voordeel van dit tweecontacten systeem is, dat uitwendige stoorpulsen, zoals bliksem of sterke elektrische velden, de werking van de schakeling niet kunnen beïnvloeden, omdat contact B een lage weerstand heeft ten opzichte van de massa van de schakeling.

Inductieve tiptoetsen
Het tweede tiptoets systeem maakt gebruik van het gegeven dat ieders lichaam vol zit met uit de lucht opgepikte wisselspanning van zenders, maar vooral van de netspanning. De luide brom, die uit een luidspreker opstijgt als men de ingang van de op die luidspreker aangesloten versterker aanraakt met een vingertop zal iedereen overtuigen van de juistheid van deze stelling! Deze spanning is zelfs te meten, door bijvoorbeeld de "hete" klem van een op wisselspanning geschakelde universeelmeter aan te raken. De meter zal dan meer dan 10 V aanduiden! Nu moet die menselijke wisselspanningsbron wel aangesloten worden op een schakeling met een hoge ingangsweerstand, anders blijft er van die spanning niets over. Wel, zo'n hoogohmige ingangsschakeling is getekend in figuur 4/14.70-2 (boven). Dit is de bekende emittervolgerschakeling.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-2: Het principe van de inductieve tiptoets.

Normaliter staat de transistor gesperd en over de emitterweerstand R1 meet men geen spanning. Raakt men het contact A met een vingertop aan, dan zullen de positieve alternanties van de zich in het menselijke lichaam bevindende inductiespanning de transistor open sturen. Over de emitterweerstand ontstaan flinke spanningspulsen met een frequentie van 50 Hz. Deze pulsen kunnen dan weer verder verwerkt worden.

Deze schakeling is veel eleganter dan de eerder genoemde. Niet alleen is de gevoeligheid groter (zelfs een zeer licht beroeren van de sensor is voldoende om de transistor in geleiding te brengen), maar bovendien spelen moeilijk in de hand te houden parameters, zoals de vervuiling van de sensor of de individuele verschillen in huidweerstand geen enkele rol.

Het enige nadeel van dit systeem is, dat de schakeling gevoelig is voor allerlei stoorspanningen. De verbinding tussen de sensor en de basis van de transistor fungeert immers als antenne.

Allerlei verschijnselen, zoals bliksem of het aanschakelen van een TL-buis, die gepaard gaan met het ontstaan van zeer hoge spanningspieken, bouwen in de ruimte een elektrisch veld op. Dit elektrisch veld zal in de verbindingsdraad tussen sensor en basis een spanning induceren, waardoor de halfgeleider eventueel in geleiding kan komen.

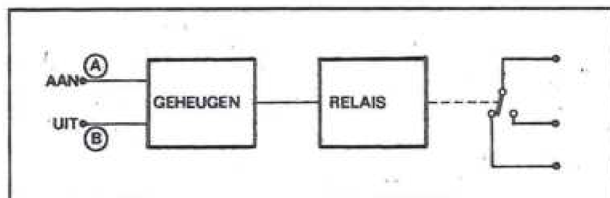
De afscherming van de verbinding tussen sensor en schakeling geeft deze stoorpulsen echter geen kans om de schakeling te verzieken. In figuur 4/14.70-2 (onder) zijn enige mogelijke uitvoeringen van de sensor bij dit systeem geschetst. Als men de sensoren uit een printplaatje etst, dan kan men aan de achterzijde van dit plaatje indicatie-LED'jes aanbrengen, die het sensorsymbool belichten, als de aanraakschakelaar ingeschakeld is. Hiermee zijn zeer mooie effecten te bereiken!

Principiële schakelingen

Er zijn tegenwoordig diverse sensor-IC's op de markt. IC's waar vaak de volledige elektronica voor zes of acht tiptoetsen inzit. Waarom dan zélf aan de slag? De titel van dit hoofdstuk is "Universele tiptoets schakelaar". De clou zit hem in het woord "universeel". Alle tiptoets-IC's die in de handel zijn, zijn in feite bedoeld voor het besturen van apparatuur, zoals versterkers en tuners. De in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan echter veel meer. Omdat op de print een relais zit, kan men met de tiptoets rechtstreeks netbelastingen, zoals verlichting in- en uitschakelen. Als men gebruik zou maken van tiptoets-IC's dan zou men toch nog extra elektronica moeten achterschakelen. Vandaar het besluit de volledige elektronica zélf met transistoren en discrete onderdelen uit te werken.

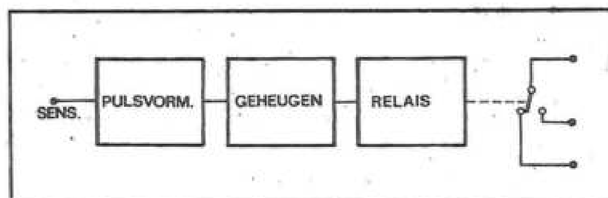
14.70 Universele tiptoets schakelaar

Ook bij de praktische uitvoering van aanraakschakelaars kunnen twee wegen bewandeld worden.
Op de eerste plaats zal het duidelijk zijn, dat in een tiptoets schakelaar een geheugen ingebouwd moet worden, dat onthoudt of de laatste aanraking van de sensor bedoeld was om de schakelaar aan te schakelen dan wel uit te schakelen. In een normale schakelaar is het de stand van de mechanische onderdelen die de functie van dit geheugen vervult.
Aan de hand van deze wetenschap kunnen de twee systemen besproken worden. De eerste mogelijkheid is getekend in figuur 4/14.70-3 en gebruikt twee sensoren, één voor het aanschakelen en één voor het uitschakelen. Als men op de A-sensor drukt, dan zullen de pulsen die daarvan het gevolg zijn het geheugen in de "AAN"-stand sturen. De relaiskring wordt gestuurd en het relais schakelt in.



Figuur 4/14.70-3: De eenvoudigste aanraakschakelaar maakt gebruik van twee aanraaksensoren.

Raakt men de B-sensor aan, dan wordt het geheugen via de pulsen op een tweede ingang in de "UIT"-stand gestuurd en het relais valt af.
Dit type schakeling is elektronisch zeer eenvoudig te realiseren, maar heeft natuurlijk als nadeel dat twee sensoren gebruikt moeten worden, wat niet erg praktisch is.
De tweede mogelijkheid, getekend in figuur 4/14.70-4, maakt gebruik van slechts één sensor. Als men deze sensor aanraakt, dan zal het geheugen omklappen. Als het relais dus ingeschakeld was, dan zal het, bij aanraken van de sensor, uitschakelen en omgekeerd.



Figuur 4/14.70-4: Bij het tweede systeem wordt gebruik gemaakt van maar één aanraaksensor. Omdat het geheugen nu reageert op het aantal ingangspulsen moeten deze via een pulsvormer omgezet worden in ondubbelzinnige besturingspulsen voor het geheugen.

Deze schakeling is natuurlijk het mooist, maar vraagt extra elektronica. Het is immers duidelijk dat bij aanraken van de sensor er slechts één puls naar het geheugen mag worden gestuurd. Nu wil het echter in de praktijk wel eens voorkomen, dat bij aanraken van de sensor er een reeks stoorpulsen gevormd wordt. Door deze stoorpulsen zal het geheugen gestuurd worden, waardoor het relais snel heen en weer gaat klepperen. Bovendien is het niet zeker dat de schakeling in de gewenste stand komt. Als bijvoorbeeld het relais aangetrokken was en bij aanraken van de sensor ontstaat er een even aantal stoorpulsen, dan zal het relais na het klepperen in de aangetrokken stand blijven staan, wat natuurlijk niet de bedoeling is. Vandaar dat tussen de sensor en het geheugen een pulsvormer geschakeld wordt. Deze schakeling zorgt ervoor dat

14.70 Universele tiptoets schakelaar

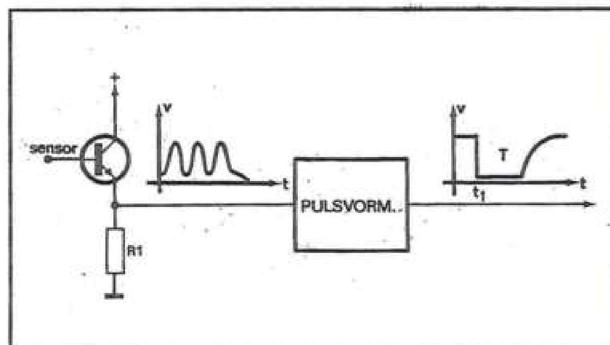
bij aanraken van de sensor er een mooie, enkele puls naar het geheugen gestuurd wordt.

Mogelijkheden van de schakeling
De beschreven schakeling kan het hart vormen van een universeel schakelsysteem, waarmee men alle kanten op kan. De basisschakeling, die vrij eenvoudig is, en die een relais aan- en uitschakelt op commando van een vingerdruk, kan uitgebreid worden door op de print enige extra weerstanden en dioden aan te brengen.
Volgende functies zijn dan mogelijk:
- Een aantal printen die de hogergenoemde basisfunctie onafhankelijk van elkaar vervullen.
- Een aantal printen, onderling verbonden, zodat een wisselschakelaar ontstaat. Dus: als men op toets A drukt, dan komt het relais van dit printje op en vallen alle overige relais af. Dit is dus hetzelfde principe als de bereikenomschakelaar van een versterker.
- Een van de vorige opties waarbij door middel van twee extra tiptoetsen de mogelijkheid ontstaat alle schakelaars gezamenlijk in- of uit te schakelen.

De basisprint is zo ontworpen, dat de units zeer eenvoudig zijn samen te bouwen. Uiteraard kan ook één printje gebruikt worden, waarbij de tipplaat door middel van een afgeschermd draadje met de elders geplaatste print verbonden wordt.

Het principe van de schakeling
Bij de uitwerking van deze schakeling heeft de ontwerper gekozen voor het meest luxueuze systeem: één sensor, die bovendien slecht één contact heeft. In de volgende twee paragrafen worden achtereenvolgens de pulsvormer en het geheugen besproken.

De pulsvormer
In figuur 4/14.70-5 is nog eens uiteengezet waarom die pulsvormer noodzakelijk is. Zoals reeds eerder gezegd, ontstaat over de emitterweerstand R1 van de tiptoetsschakeling een aantal pulsen, waarvan de frequentie gelijk is aan de netfrequentie. De pulsvormer vormt deze pulstrein om in één puls van een welbepaalde lengte.

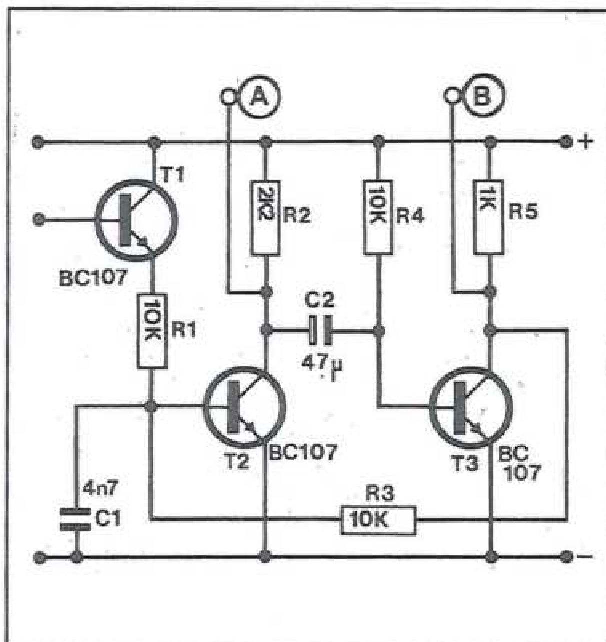


Figuur 4/14.70-5: De werking van de pulsvormer.

In de schakeling van figuur 4/14.70-5 wordt op tijdstip t1 de tiptoets aangeraakt. Dadelijk verschijnen over de emitterweerstand de reeds genoemde pulsen. De bedoeling is nu dat de pulsvormer reageert op de eerste puls (hij wordt getriggerd door de eerste puls, heet dat) en gedurende een te kiezen tijd T een negatieve uitgangspuls opwekt.
Een schakeling, die dat kan is een monostabiele multivibrator. Het schema van deze eerste trap van de schakeling is getekend in figuur 4/14.70-6, de in- en uitgangsspanningen zijn voorgesteld in de grafieken van figuur 4/14.70-7.
Een monostabiele multivibrator (MMV) bestaat uit twee transistoren, die door middel van een weerstand en een condensator onderling zijn doorverbonden. Dat principe vindt men in figuur 4/14.70-6

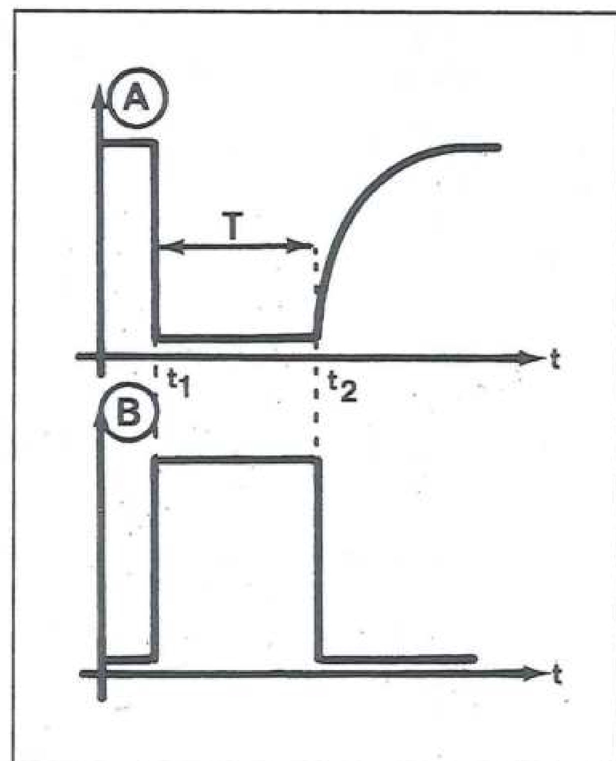
14.70 Universele tiptoets schakelaar

terug onder de vorm van de halfgeleiders T2 en T3 en de passieve onderdelen C2 en R3. De transistor T1 is verbonden met de sensor. In rust zal transistor T3 geleiden. Immers, zijn basis is via weerstand R4 met de voeding verbonden. De collector uitgangsspanning (B) is nul. De tweede halfgeleider spert, omdat zowel R1 als R3 stroomloos zijn. Zijn collectorspanning A is dus gelijk aan het voedingspotentiaal.
Als men de sensor aanraakt, dan gaat T1 geleiden. Er vloeit via deze halfgeleider en weerstand R1 een stroom in de basis van T2. Deze transistor gaat geleiden, waardoor de collectorspanning gelijk wordt aan nul (tijdstip t1).



Figuur 4/14.70-6: De schakeling van de pulsvormer.

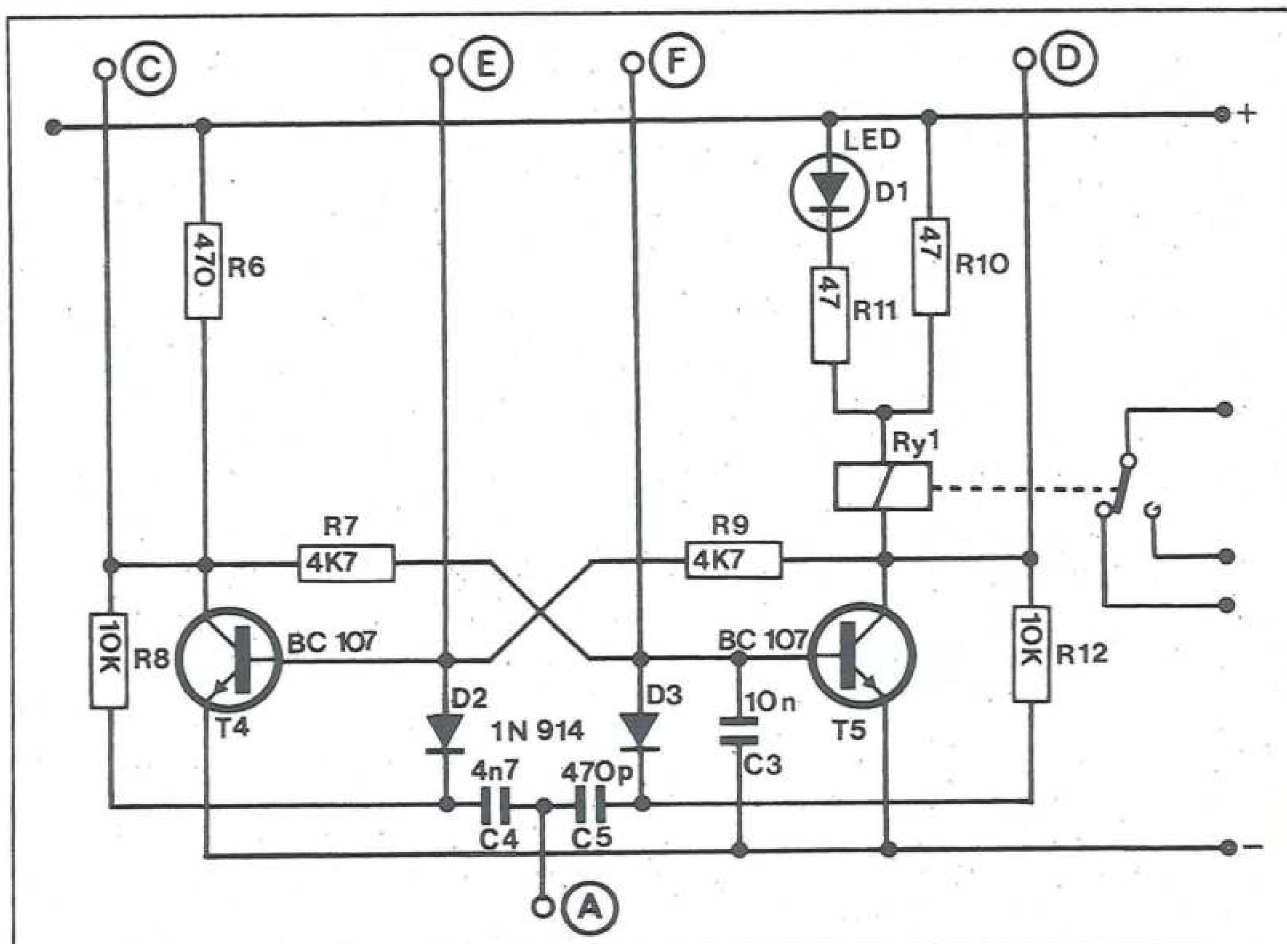
Het netwerk C2/R4 vormt een differentiator. De plotselinge negatieve spanningssprong wordt dus ongehinderd doorgelaten naar de basis van T3. Deze halfgeleider spert en de collector komt op voedingspotentiaal. De terugkoppelweerstand R3 stuurt nu een flinke stroom in de basis van T2, zodat deze halfgeleider blijft geleiden, ook als men de sensor niet meer aanraakt. De negatieve spanning op de rechter plaat van condensator C2 vloeit langzaam weg naar de voeding. Na een bepaalde tijd T gaat T3 opnieuw geleiden, de collectorspanning wordt nul. De sturing via R3 van T2 valt dus weg en de schakeling belandt opnieuw in de rusttoestand.



Figuur 4/14.70-7: De spanningsvormen in de schakeling van figuur 4/14.70-6.

De tijdsduur T is afhankelijk van de grootte van de onderdelen C2 en R4. In deze schakeling zijn deze onderdelen zo gekozen, dat de tijdsduur van de uitgangspuls ongeveer 0,5 seconde bedraagt.
De condensator C1 zorgt ervoor, dat de MMV niet getriggerd wordt door korte stoorpulsen die via de "antenne" T1 in de schakeling binnendringen.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-8: Het geheugen met de relais stuurkring. De LED D1 gaat branden als het relais is ingeschakeld en kan dus als indicator worden toegepast.

Het geheugen

Het geheugen, waarin het relais direct opgenomen is, is getekend in figuur 4/14.70-8 en is alweer een multivibrator. Deze keer is het echter een bistabiele (BMV), met een koosnaampje ook wel eens flip-flop genoemd. Bij het aanschakelen van de voedingsspanning willen beide transistoren gaan geleiden. Daar de basis van T5 echter via de condensator C3 met massa verbonden is, zal deze halfgeleider iets trager reageren. T4 komt dus het eerst in geleiding. Zijn collectorspanning wordt nul, met als gevolg dat de basis van T5 via R7 met massa verbonden wordt. Resultaat: T 4 geleidt en T 5 spert.

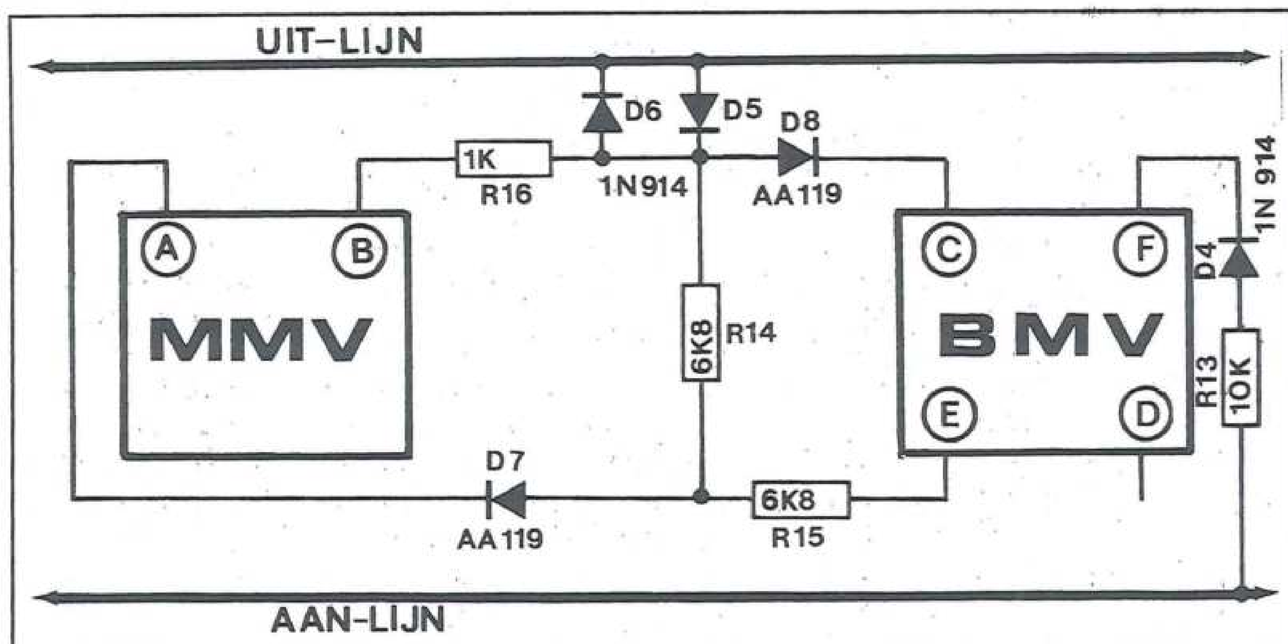
Het relais, opgenomen in de collectorkring van T5 is niet aangetrokken. De onderdelen R8, D2, C4, C5, D3 en R12 zorgen voor het omklappen van het geheugen. Dit gaat als volgt. Als men op de sensor duwt, dan springt het potentiaal op de collector van T2 in figuur 4/14.70-6 van de voedingsspanning naar nul volt. Deze negatieve spanningssprong wordt aan het knooppunt van de condensatoren C4 en C5 aangelegd. Deze onderdelen zorgen ervoor dat deze negatieve sprong wel doordringt tot de basis van de geleidende transistor, maar niet tot de basis van de sperrende. In het voorbeeld komt de negatieve sprong dus op de basis van

14.70 Universele tiptoets schakelaar

T4. Deze halfgeleider gaat sperren, de collectorspanning wordt gelijk aan de voedingsspanning. Transistor T5 krijgt nu sturing via R7 en gaat geleiden. De terugkoppelingsweerstanden R7 en R9 zorgen ervoor dat de flip-flop in deze stand blijft staan. Door de serieschakeling van het relais en de weerstand R10 vloeit stroom, het relais is aangetrokken. De spanningsval over R10 wordt gebruikt om de LED D1 aan het branden te krijgen. Weerstand R11 beperkt de stroom door de lichtgevende diode tot een veilige waarde.
Als men de sensor opnieuw aanraakt, zal de negatieve spanningssprong doordringen tot de basis van de geleidende transistor T5, zodat de bistabiele multi weer omslaat en het relais afvalt.

Verfijningen
Als men de schakelingen van figuur 4/14.70-6 en figuur 4/14.70-8 aan elkaar koppelt, heeft men reeds een volwaardige tiptoets schakelaar. Dat gebeurt dan ook in de eenvoudigste versie van de aanraakschakelaar. Zoals reeds in de inleiding gezegd kan men met deze schakeling echter veel meer. In figuur 4/14.70-9 is getekend wat deze extra opties ons aan extra onderdelen kost. Voor het schema wordt besproken een paar opmerkingen.
Op de eerste plaats zijn de deelschakelingen van figuur 4/14.70-6 en figuur 4/14.70-8 voorgesteld door blokken, dit voor de eenvoud. De omcirkelde letters A tot en met F verwijzen naar dezelfde punten in de figuren. Ten tweede enige toelichting over de twee lange lijnen "UIT" en "AAN". Dit zijn de draden die alle printen verbinden, als men een tiptoets systeem opbouwt. De bedoeling is dat als er een positieve puls op de "AAN"-lijn wordt gezet, alle aangesloten printen aanschakelen. De "UIT"-lijn werkt op dezelfde manier voor het uitschakelen van alle printen. Bovendien zorgt deze lijn voor het in de inleiding beschreven wisselsysteem.
Nu de elektronica.
Het aanschakelen van alle schakelaars door middel van een positieve puls is het eenvoudigst. Het volstaat deze positieve puls aan de basis (punt F) van transistor T5 uit figuur 4/14.70-8 toe te voeren. Deze halfgeleider gaat geleiden en de flipflop gaat naar de "AAN"-stand. Dit gebeurt dus via de weerstand R13 en de diode D4. Dit laatste onderdeel scheidt de verschillende aangesloten schakelaars van elkaar. Het uitschakelen van alle printen gaat identiek door de positieve commandopuls toe te voeren aan de basis van transistor T4 uit figuur 4/14.70-8. Alle flip-flop's gaan dan naar de "UIT"-stand. In de praktijk gebeurt dit via de onderdelen D5, R14 en R15. Alle overige onderdelen uit figuur 4/14.70-9 dienen voor het wisselen van de verschillende printen. De bedoeling is dat bij het aanraken van de sensor van de print die aan moet, alle overige tiptoets schakelaars afvallen.
Bij het aanraken van de sensor verschijnt op punt B een positieve puls, die via de weerstand R16 en de diode D6 de "UIT"-lijn voedt. Maar deze lijn voedt eveneens de flip-flop van de schakelaar die ingeschakeld moet worden, en dat is natuurlijk niet de bedoeling. Vandaar de diode D7. Bij het aanraken van de sensor wordt punt A gelijk aan het massa-potentiaal. De positieve puls op de "UIT"-lijn wordt dus via R14 en D7 afgevoerd naar het tijdelijke massapunt A. De functie van de onderdelen R16 en D8 volgt uit volgend praktijkvoorbeeld. Stel dat een aantal printen als wisselschakelaar geschakeld zijn, samen met een gemeenschappelijke aan- en uitschakelaar.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-9: De extra onderdelen die noodzakelijk zijn voor het samenstellen van een aanraakschakelaar systeem.

Stel verder, dat alle schakelaars door het aanraken van de gemeenschappelijke aanschakelaar ingeschakeld zijn. Als men vervolgens een bepaalde toets aanraakt, is het de bedoeling dat deze print uitschakelt, maar dat alle overige schakelaars ingeschakeld blijven. Bij het aanraken van de betreffende sensor wordt punt B tijdelijk gelijk aan de voedingsspanning, zodat een positieve puls via R16 en D6 op de "UIT"-lijn wordt gestuurd. Alle schakelaars zouden dus uitschakelen, wat niet de bedoeling is.
Door tussenschakeling van de diode D8 wordt vermeden dat in dit geval de "UIT"-lijn positief gestuurd wordt.

De bouw van de schakeling
In figuur 4/14.70-10 op de laatste pagina van dit hoofdstuk is het printontwerp van de schakeling getekend. Met deze print kan men alle kanten op.
Alvorens te praten over de bestukking van de print is het noodzakelijk eerst iets te vertellen over de praktische opbouw van het systeem.
Wie slechts één print nodig heeft, kan het printje bestukken en met een 9 V voeding in een kastje monteren. De sensor kan dan door middel van een afgeschermd draadje verbonden worden met de print.
Als men een bepaald systeem wil opbouwen, dan kunnen de printjes verticaal naast elkaar gemonteerd worden. De printen worden dan door middel van L-vormige aluminium beugeltjes op een grondplaat bevestigd. In plaats van 4 soldeerlipjes kan men dan een vierdelige soldeersteun (miniatuur uitvoering) op de print solderen. De printen kunnen dan met elkaar verbonden worden door 4 ongeïsoleerde draden door de oogjes van die draadsteunen te duwen en vast te solderen.
Als men van het geheel een schakelkastje wil maken, dan kunnen de sensors en de indicatie-LED's door het frontplaatje gestoken worden, zie figuur 4/14.70-11.

14.70 Universele tiptoets schakelaar

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R3,R4,R8,R12,R13	10 kΩ
R2	2,2 kΩ
R5,R16	1 kΩ
R6	470 Ω
R7,R9	4,7 kΩ
R10,R11	47 Ω
R14,R15	6,8 kΩ

CONDENSATOREN

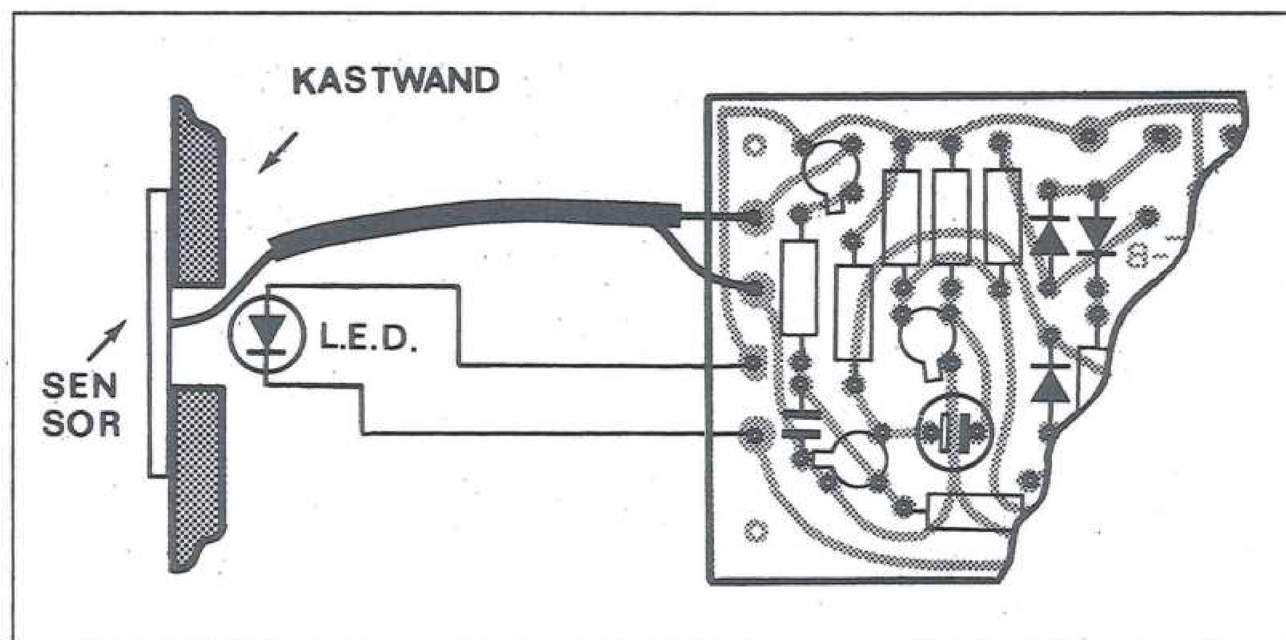
C1,C4	4,7 nF	MKH
C2	47 µF	16 V printelco
C3	10 nF	MKH
C5	470 pF	ceramisch

HALFGELEIDERS

D1	5 mm LED, rood
D2-D6	1N4148
D7,D8	AA119
T1-T5	BC107, BC237

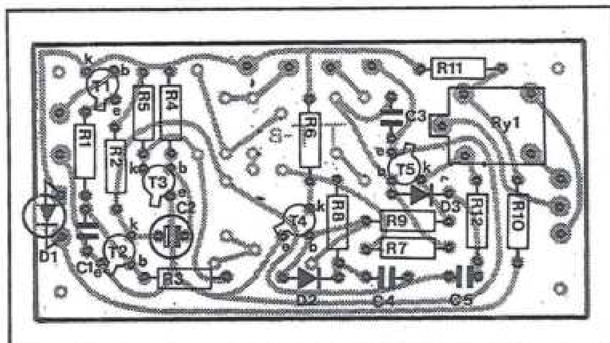
DIVERSEN

1	printrelais 5 V, bijvoorbeeld Hosiden
11	printsoldeerlipje

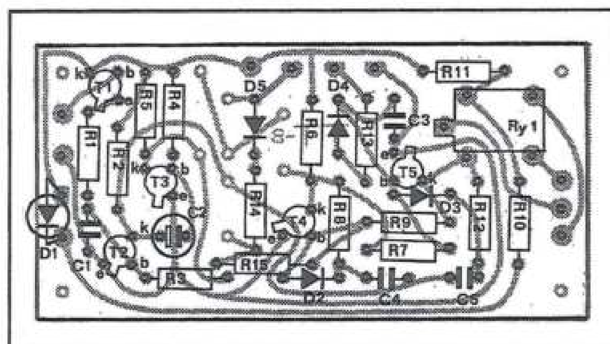


Figuur 4/14.70-11: Zo kan men het tiptoets contact en de indicatie-LED met de print verbinden.

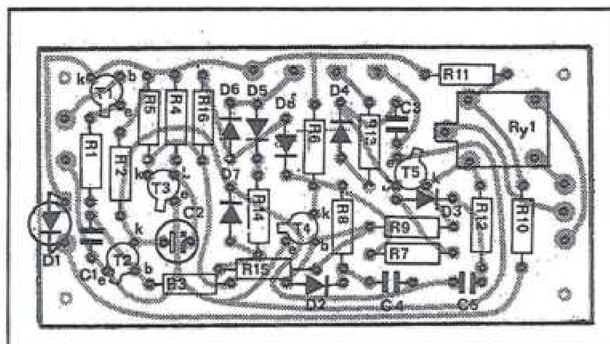
14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-12: AAN/UIT-schakelaar.



Figuur 4/14.70-13: AAN/UIT-schakelaar met gemeenschappelijk AAN- en UIT-signaal.



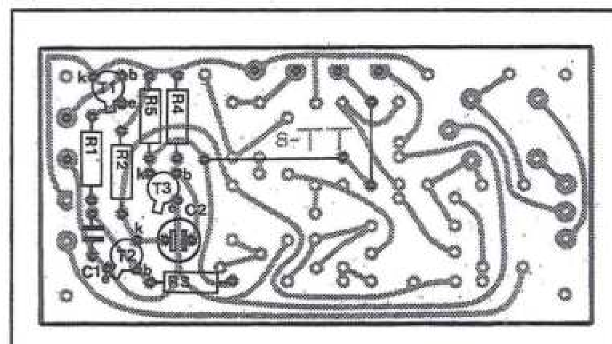
Figuur 4/14.70-14: Wisselschakelaar met gemeenschappelijke AAN- en UIT-besturing.

De bouw van de print

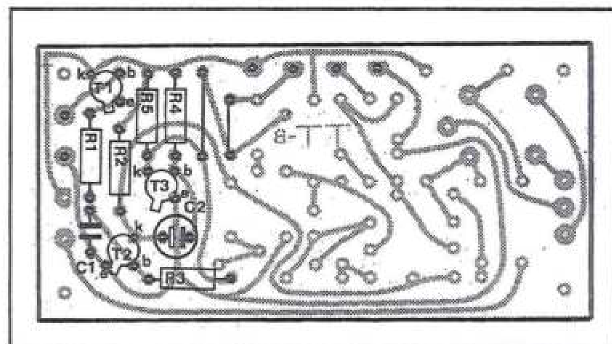
Welke onderdelen wél en niet op de print horen hangt af van de rol die de print in het systeem heeft te vervullen.

In de figuren 4/14.70-12 t/m 16 zijn de verschillende bestukkingen getekend.

- Enkelvoudige AAN/UIT-schakelaar: figuur 4/14.70-12
- Enkelvoudige AAN/UIT-schakelaar met besturing door een extern "AAN"- en "UIT"-signaal: figuur 4/14.70-13
- Wisselschakelaar: figuur 4/14.70-14, zonder R13 en D4
- Wisselschakelaar met extern "AAN"- en "UIT"-signaal: figuur 4/14.70-14
- Gemeenschappelijke "AAN"-schakelaar: figuur 4/14.70-15
- Gemeenschappelijke "UIT"-schakelaar: figuur 4/14.70-16

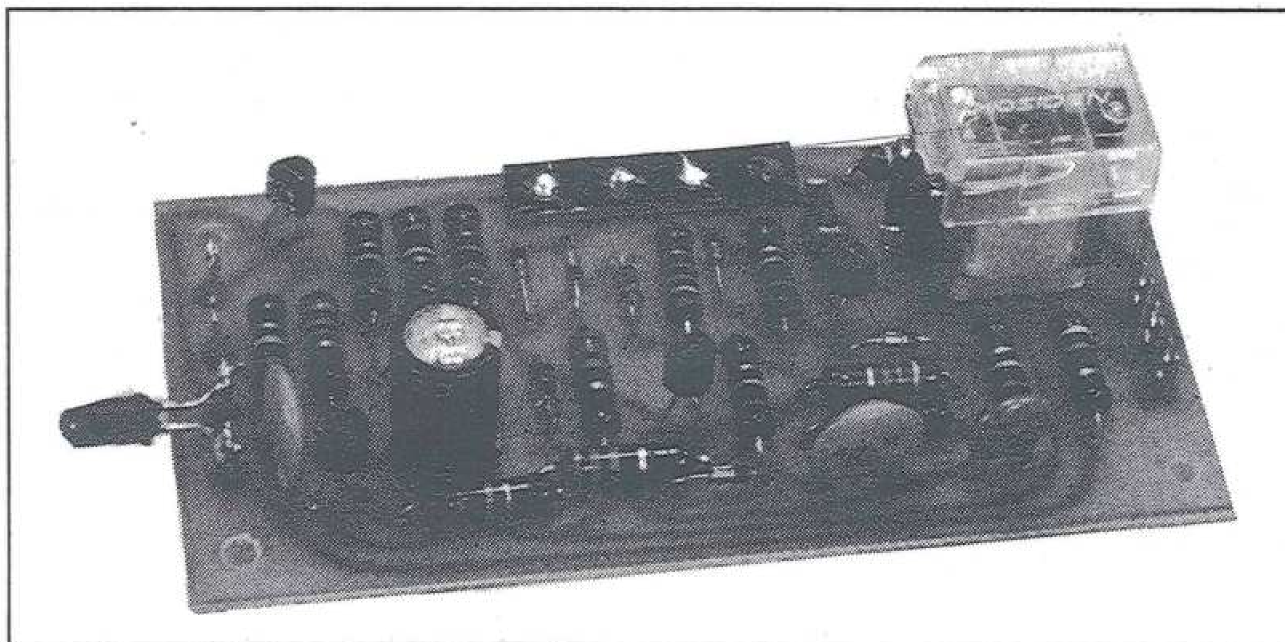


Figuur 4/14.70-15: Gemeenschappelijke AAN-schakelaar.



Figuur 4/14.70-16: Gemeenschappelijke UIT-schakelaar.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-17: De volledig gemonteerde print.

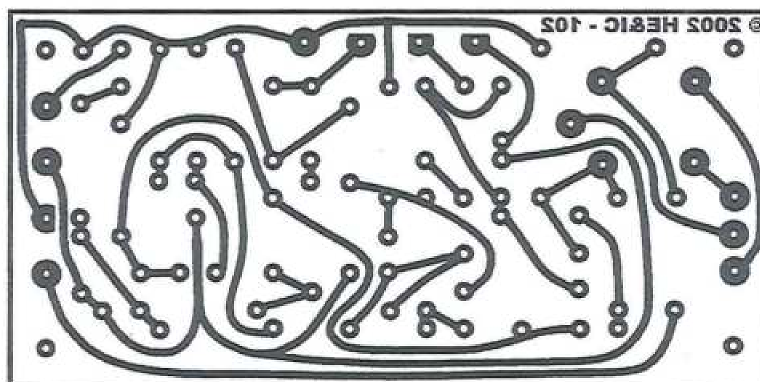
Tot slot geeft figuur 4/14.70-17 een impressie van de volledig gemonteerde print.

Toepassingen

Hier valt eigenlijk niets over te zeggen. Wie dit hoofdstuk goed gelezen heeft, zal zelf de universele bruikbaarheid van deze schakeling ontdekt hebben.

In ieder geval moeten de gebruikte printjes ingebouwd worden in een metalen kastje, dat met de massa van de schakeling verbonden wordt. Deze massaverbinding kan bijvoorbeeld tot stand komen door de negatieve pool van de gebruikte 9 V voeding niet alleen met de printjes te verbinden, maar ook met het kastje.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-10: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar www.vego.nl/hobby en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie GRATIS toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

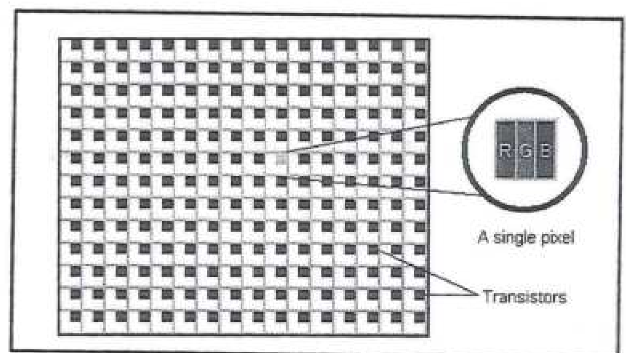
14.70 Universele tiptoets schakelaar

Soorten TFT-cellen
Een TFT-scherm is over het algemeen volgens het matrixprincipe opgebouwd. Met komt in de productgegevens twee verschillende soorten tegen:
- Simple Matrix System;
- Active Matrix System.

Simple Matrix System
Bij het Simple Matrix System zijn de beeldelementen in afzonderlijke beeldlijnen gerangschikt en worden na elkaar aangestuurd. Iedere beeldlijn wordt gestuurd via een TFT. Daarom noemt men dit systeem ook wel "Time Sharing Driving System". Het gehele beeldscherm is met talrijke elektroden opgevuld en wordt als rasterpatroon aangestuurd. Dit systeem is echter kwalitatief niet zo hoogwaardig en wordt in moderne TFT-beamers niet meer toegepast.

Active Matrix System
Bij het Active Matrix System is de technologische opbouw iets ingewikkelder. Daardoor is de beeldkwaliteit veel beter dan bij het eerste systeem. Elk afzonderlijk beeldelement wordt nu van een dunne film transistor (Thin Film Transistor) voorzien. Elke cel wordt dus door een actief element gestuurd.
De Y-ingangen van de transistoren (de "gates") fungeren daarbij als stuurelektrode en de X-ingangen voor het schakelen van de stroomtoevoer.
Wanneer men het aantal stuurelektroden vermenigvuldigt met het aantal stroomelektroden (de horizontale met de verticale richting), verkrijgt men het aantal afzonderlijke transistoren en daarmee ook het aantal beeldpunten. Wanneer de transistor van een beeldpunt wordt geactiveerd, dan worden de gegevens in de vorm van elektrische ladingen in de condensator van de cel geschreven en daarmee voor het scherm opgeslagen.

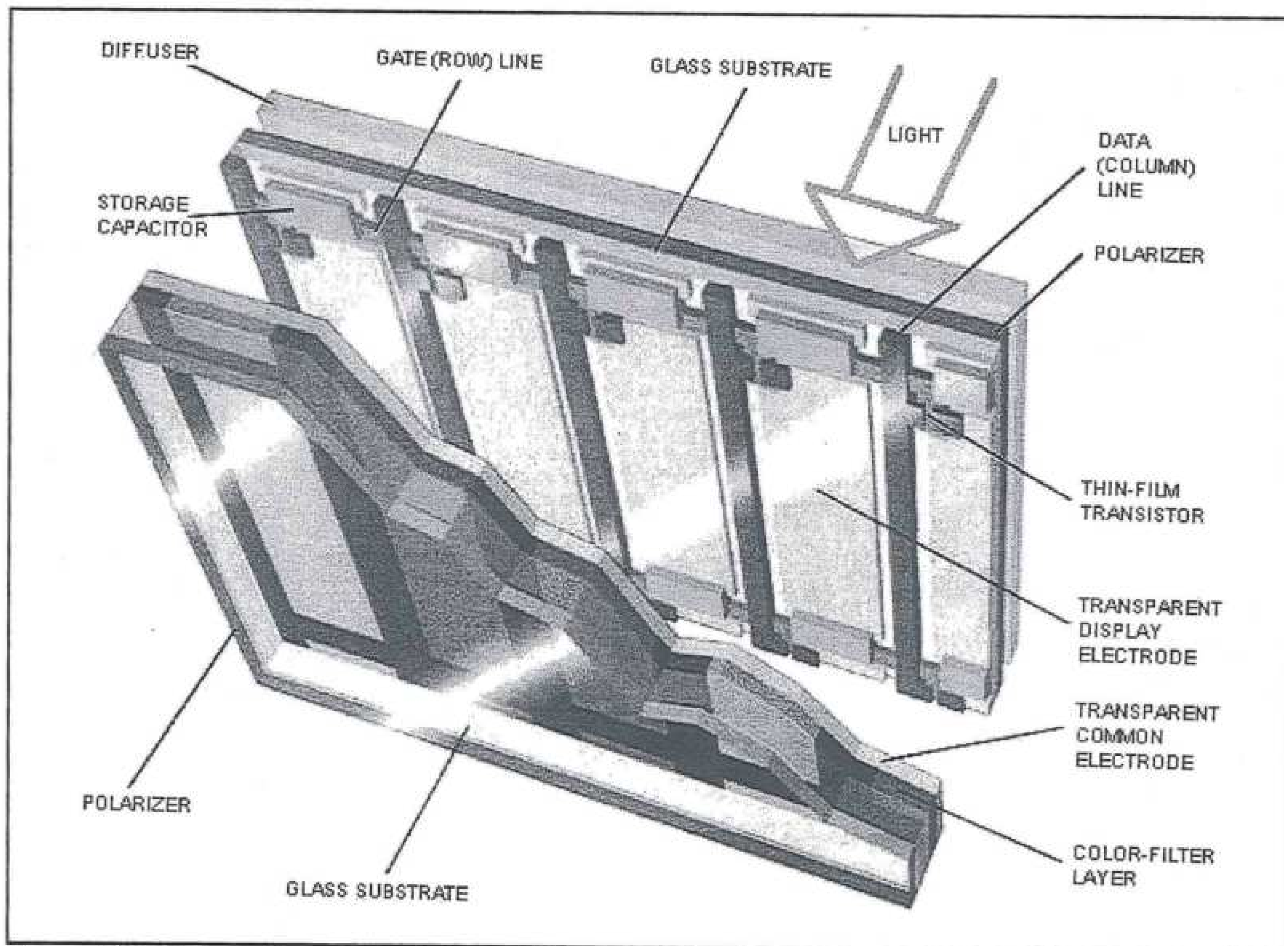
Kleuren
Om een kleurenbeeld te verkrijgen is elke actieve TFT-cel drievoudig uitgevoerd en voorzien van filters voor de kleuren rood, groen en blauw. Met zo'n "triplet" kunnen alle natuurlijke kleuren worden afgeleid. Een modern TFT-paneel bevat dus voor ieder beeldpixel drie cellen, die volgens figuur 5/3.16-18 in een matrix zijn gerangschikt.



Figuur 5/3.16-18: Het rangschikken van de R-, G- en B-cellen in een TFT-paneel.

In figuur 5/3.16-19 is een poging gewaagd de technologische samenstelling van zo'n "triplet" weer te geven. De gehele constructie wordt aangebracht op een glazen drager (Glass substrate). Aan de zijde waar het licht binnenvalt wordt een diffuus filter aangebracht (Diffuser) dat voor een egale belichting van het TFT-paneel zorgt. Aan de andere kant van de glazen drager is het eerste polarisatiefilter aanwezig (Polarizer). Nadien worden de LCD-cellen, de transistoren en de condensatoren aangebracht en het geheel via gouden opdamping voorzien van de bedradingsstructuur.

3.16 Werking en principes van TV-projectoren



Figuur 5/3.16-19: De constructie van een modern TFT-paneel.

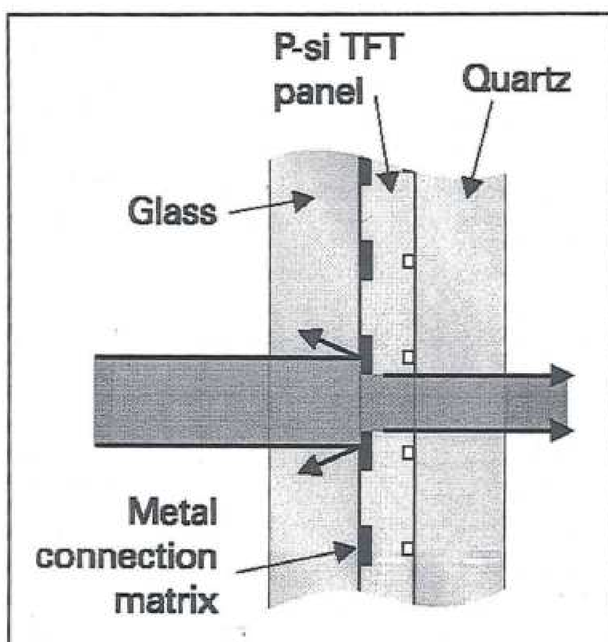
Boven dit alles wordt de gemeenschappelijke elektrode (Common electrode) aangebracht, die uiteraard zo goed mogelijk transparant moet zijn. Vervolgens volgt een laag die de gekleurde R-, G- en B-filters bevat (Collor filter layer) en de tweede polarisator (Polarizer). Het geheel wordt afgesloten met een glazen plaat als mechanische afscherming.

Verfijningen

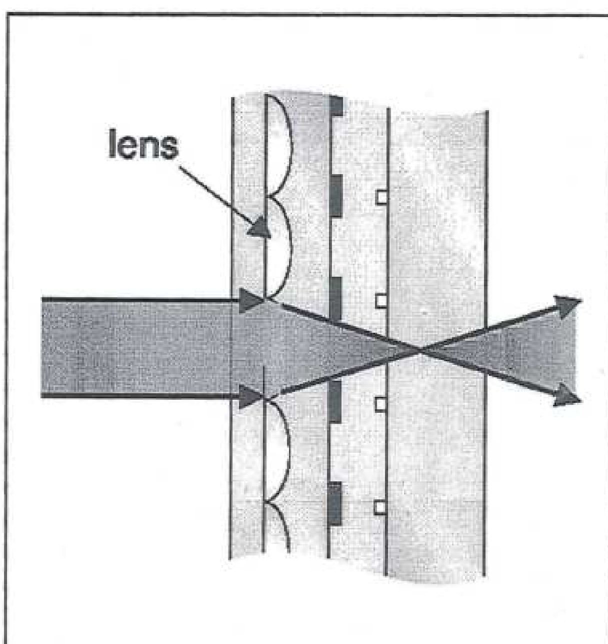
Diverse fabrikanten hebben op detailpunten verfijningen aangebracht, die echter grote gevolgen hebben. In figuur 5/3.16-20 is de stralengang door een "normaal" TFT-paneel in doorsnede weergegeven. Een deel van het invallend licht wordt teruggekaatst door de verbindingsmatrix. Hierdoor neemt de lichtabsorptie van het paneel toe met als gevolg een lager uitgestraald lichtvermogen.

In figuur 5/3.16-21 is een systeem geschetst, ontwikkeld door Hitachi, dat de lichtabsorptie van het paneel dramatisch reduceert. Achter het TFT-paneel wordt een extra paneel gemonteerd, voorzien van miljoenen microscopisch kleine lensjes. Deze focusseren het licht zodanig dat er geen licht invalt op de verbindingsmatrix. Al het aanwezige licht straalt dus door de LCD-cellen, hetgeen de lichtopbrengst van de beamer vergroot.

3.16 Werking en principes van TV-projectoren



Figuur 5/3.16-20: De lichtgang door een "normaal" TFT-paneel.



Figuur 5/3.16-21: Een door Hitachi ontwikkeld systeem verhoogt de lichtopbrengst van een TFT-paneel.

De lichtbron

Als externe lichtbron gebruikt men bij TFT-kleurenschermen meestal gasontladingslampen, aangezien deze met hun markant, fluorescerend licht een goede kleurweergave garanderen.

Voor- en nadelen

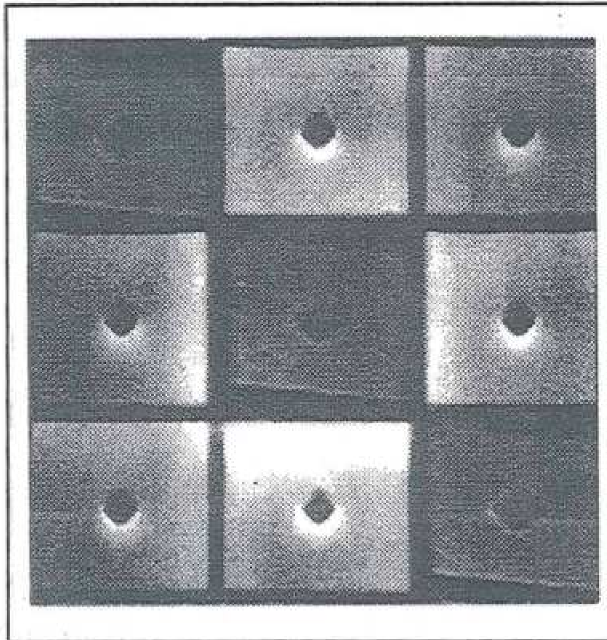
Hoewel dit type LCD-paneel een veel hogere verversingsfrequentie (refresh rate) toelaat, zodat het uitstekend geschikt is voor de weergave van videobeelden, vraagt het systeem om een sterkere lichtbron. Die krachtige lichtbron is noodzakelijk omdat de schakeltransistor die in de cel is opgenomen een deel van het licht absorbeert. Een ander nadeel van een TFT-paneel wordt gevormd door de hoge uitval tijdens de productie. Het foutloos produceren van een beeldscherm met ongeveer één miljoen beeldpunten (cellen) en dus één miljoen schakeltransistoren is vrijwel onmogelijk. Er wordt bij de kwaliteitscontrole dan ook toegestaan dat enkele beeldpunten niet functioneren. Zeker als ze zich aan de rand van het scherm bevinden, is dat praktisch geen bezwaar.

DMD- of DLP-projectoren

Inleiding

Bij dit werkelijk revolutionair principe wordt gebruik gemaakt van een uit 1987 daterende uitvinding van Texas Instruments. TV-beelden worden hiermee haarscherp geprojecteerd met behulp van honderdduizenden microscopisch kleine, beweegbare spiegeltjes op een enkele chip. DMD staat voor "Digital Micromirror Device", DLP voor "Digital Light Processing". De eerste afkorting beschrijft heel precies de techniek die bij deze tech-

nologie wordt gebruikt, de tweede afkorting is een handelsnaam voor hetzelfde systeem.

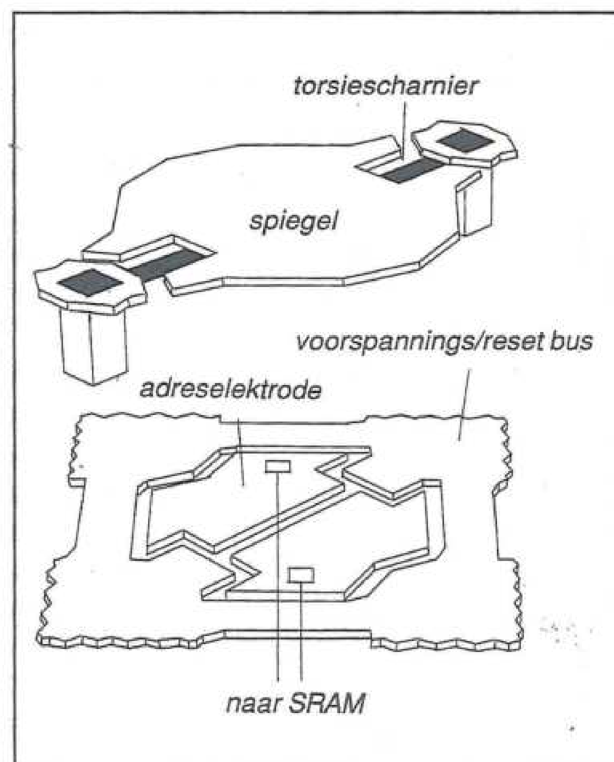


Figuur 5/3.16-22: Een microscopische opname van een deel van een DMD-chip met negen spiegeltjes.

Spiegelmatrix

Het "Digital Micromirror Device" van Texas Instruments is een monolithische, micromechanische, ruimtelijke lichtmodulator. Zo'n DMD is een hoog geïntegreerde schakeling met een oppervlakte van 10 mm bij 15 mm, opgebouwd uit minstens een half miljoen digitaal geschakelde spiegeltjes, één per beeldpunt. Ieder spiegeltje kan individueel worden aangestuurd met een digitaal signaal uit een geheugencel die zich direct onder het spiegelende vlakje bevindt. Het licht van een krachtige lichtbron wordt op de DMD-chip gericht, die het via zijn spiegelend oppervlak reflecteert en door een lens projecteert op een projectiescherm.

Het digitale beeld op de DMD-chip ontstaat door de spiegeltjes meer dan honderd maal per seconde te schakelen. De helderheid van een beeldpunt op het scherm wordt bepaald door de tijd dat een spiegeltje het invallende licht effectief naar het scherm reflecteert.
De matrix van omklappende aluminium spiegeltjes bevindt zich op een enkel silicium substraat en ziet er, flink vergroot onder de microscoop, uit zoals voorgesteld in figuur 5/3.16-22. In deze foto wordt een matrix van drie bij drie spiegeltjes voorgesteld, waarvan er drie in "omgeklapte" status staan. De spiegeltjes zijn 16 bij 16 µm groot en zijn aangebracht boven een adresseerschakeling die is opgebouwd uit conventionele CMOS SRAM-cellen. De ruimte tussen twee spiegeltjes bedraagt 1,2 µm.



Figuur 5/3.16-23: De constructie van één spiegeltje van een DMD-chip.

De technologie

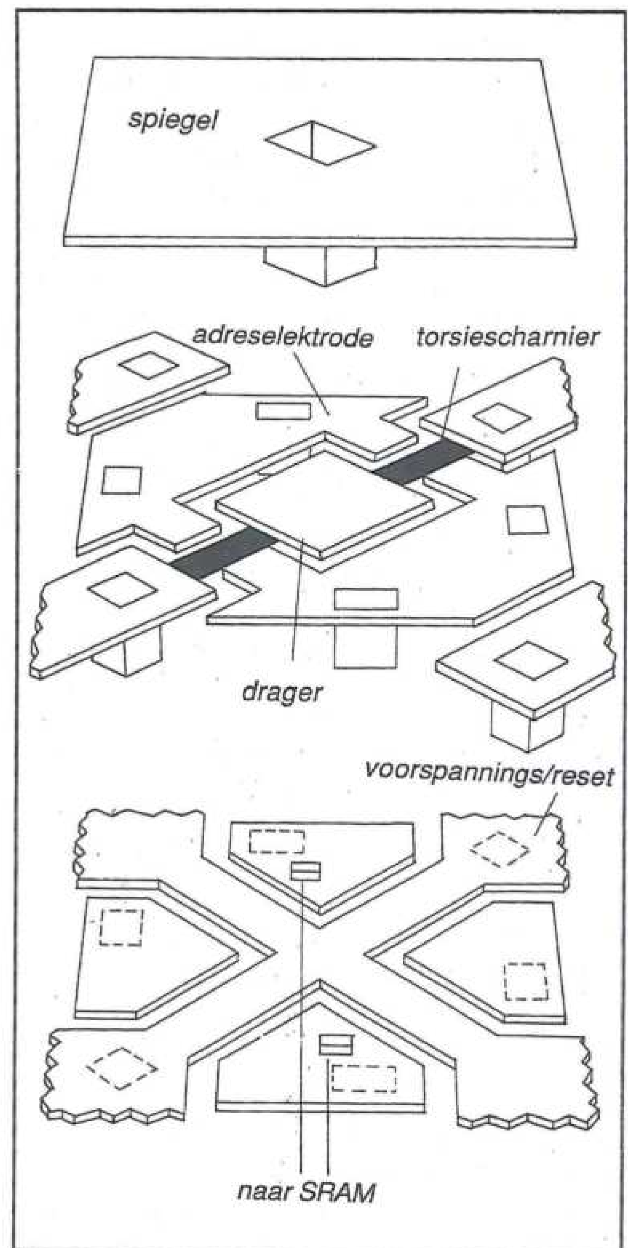
In de basisversie van de DMD bestaat elke cel uit een aluminium spiegel, die vrij is opgehangen tussen twee dunne, mechanisch beweegbare torsiescharnieren, zie figuur 5/3.16-23. Deze zijn bevestigd aan twee stutten die elektrisch zijn verbonden met een zich direct eronder bevindende bias/reset-bus. Via deze bus kan een bias/reset-signaal naar de spiegels worden gevoerd met behulp van een schakeling buiten de chip.

Onder elke spiegel zitten adres-elektroden die zijn verbonden met een bijbehorende SRAM-cel die de digitale gegevens voor het aansturen van de cel bewaart. De DMD-structuur is geïntegreerd boven de CMOS met behulp van vier fotolithografische lagen (elektrode, afstandhouder, scharnier, spiegel).

De drie metallisatielagen bestaan uit aluminium dat met behulp van sputtertechniek wordt aangebracht en daarna geëtst. De afstandhouder is van een organisch materiaal dat bij hoge temperatuur wordt ontbonden om de luchtspleet te vormen tussen de adresseerelektroden en de spiegels.

De werking van de DMD-cel

Afhankelijk van de inhoud in de SRAM-cel wordt de spiegel met een combinatie van bias- en adresseerspanningen elektrostatisch aangetrokken tot één van de twee adres-elektroden. Bij aantrekking klapt de spiegel om, waarbij zijn hoekpunt wordt gestuit door de landingselektrode die op hetzelfde potentiaal wordt gehouden. Een "H" in de geheugencel veroorzaakt het omklappen naar een positie die +10° uit het loodrechte vlak ligt. Een "L" in de geheugencel stuurt de spiegel uiteraard naar de andere kant: -10° uit het loodrechte vlak.



Figuur 5/3.16-24: Een DMD-cel van de nieuwste generatie.

Nieuwe generatie DMD-cellen

Bij de allernieuwste generatie DMD-chips zijn reeds belangrijke verbeteringen ingevoerd, zie figuur 5/3.16-24. Door de ophanging van de spiegels aan het oog te onttrekken en het oppervlak van de spiegels zo groot te maken als het oppervlak van een cel, kan de oorspronkelijke con-

trastverhouding van 50:1 worden opgevoerd tot 110:1 bij een lensopening van f/2.8. De appertuurverhouding stijgt daarmee met 33 % naar 86 % reflecterend oppervlak. In dezelfde periode maakten nieuwe SRAM-architecturen een zesvoudige reductie van het aantal benodigde transistoren mogelijk in de geheugenmatrix die de DMD-spiegels stuurt.
De nieuwe adresseerarchitectuur ontstond om twee redenen. Op de eerste plaats moest de bestaande DMD-SRAM worden gerefreshed van het gegevensniveau van het ene beeld naar gegevensniveau van het volgende beeld, gedurende de relatief korte LSB-periode. Dit vraagt DMD's en DMD-drivers met hoge bandbreedte, terwijl de gegevensstroom gedurende 50 % van de frametijd feitelijk 0 is. Op de tweede plaats moeten, om foutloze DMD-cellen te verkrijgen, uiteraard de SRAM's foutloos zijn.
De productie wordt vergemakkelijkt als SRAM-fouten kunnen worden getolereerd, of als het aantal SRAM-cellen belangrijk kon worden verminderd ten opzichte van het aantal beeldpunten.
Alle adresseerschema's maken gebruik van een DMD-eigenschap die "mechanische vergrendeling" wordt genoemd. Als in aanvulling op de adresseerspanning een bias-spanning wordt toegevoerd aan de matrix van DMD-spiegels nadat de "L"- en "H"-adresspanningen in het geheugen zijn opgenomen, zullen de spiegels in de geselecteerde status blijven staan zelfs als de adresseerspanning verandert. Pas wanneer de bias-spanning wordt weggenomen en opnieuw toegevoerd, nemen de spiegels de nieuwe stand aan. Deze eigenschap maakt het mogelijk dat meer spiegels in een snelle opeenvolging kunnen worden aangesproken vanuit één enkele SRAM-cel.

Het projectiesysteem

Een DMD-spiegel kent drie posities: vlak, 10° geneigd naar de ene kant en 10° geneigd naar de andere kant. Een projectielens, geplaatst vóór de DMD-chip, produceert op het scherm een vergroot beeld van elke afzonderlijke spiegel. Een spiegel in de stand +10° reflecteert het invallende licht exact door de projectielens en er verschijnt een helder beeldpunt op het scherm. Een spiegel in de stand -10° daarentegen reflecteert het invallende licht onder een hoek van -40° ten opzichte van de projectielens, waardoor de lichtbundel de lensopening mist en er op het scherm een donker beeldpunt verschijnt. De vlakke niet aangesproken spiegels reflecteren de bundel onder een hoek van +20°, waardoor dit licht eveneens de lensopening mist.

Kleuren

Het zal duidelijk zijn dat deze moderne systemen alleen in kleurenuitvoering leverbaar zijn. Daarvoor zijn verschillende systemen in omloop. Zowel driechip als eenchip uitvoeringen zijn denkbaar. In een driechip systeem wordt er per basiskleur (rood, groen, blauw) één DMD-chip gebruikt. Omdat de DMD-chip echter van nature zo efficiënt met licht omgaat, is een eenchip systeem zeker zo praktisch, minder kostbaar en bovendien automatisch geconvergeerd. In deze toepassing wordt elk spiegelelement via een kleurenwiel sequentieel beschenen met de drie basiskleuren. Daarbij focusseert een condensorlens het licht van een metalhalide- of xenonbooglamp via het kleurenwiel en een tweede condensorlens onder een hoek van 20° op de DMD-chip. De lichtbundel vormt daarbij een rechthoek (orthogonaal) met de rotatieassen van de spiegels.

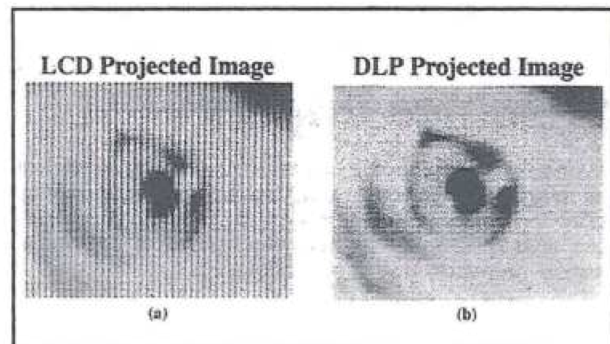
Grijstinten

De spiegels kennen een aanspreektijd van ongeveer 10 µs.
Grijstinten en kleurschakeringen worden gerealiseerd met behulp van pulsbreedtemodulatie: het variëren van de tijd dat een spiegel wel of niet licht op het scherm reflecteert. Elk weer te geven beeld wordt onderverdeeld in tijdsintervallen ofwel bittijden, waarbij elk interval half zo lang duurt als het voorgaande. Gedurende deze bittijden worden de spiegels door de onderliggende SRAM-matrix aangesproken om de "on"- danwel de "off"-status aan te nemen.
Met een 8 bit modulatieschema kunnen op deze manier 256 grijs- of kleurtinten worden gereproduceerd, ofwel 16,7 miljoen kleuren.

Voordelen

TV-projectoren die werken met DMD-panelen hebben een aantal voordelen vergeleken met de LCD- en TFT-systemen:
- natuurgetrouwe kleurreproductie, zelfs beter dan met traditionele beeldbuizen mogelijk is;
- hoge resolutie mogelijk;
- ruisvrij;
- ruimtelijk repeteerbaar, de beeldpunten bevinden zich immers altijd daar waar zij bedoeld zijn;
- lineair over het gehele beeld en automatisch geconvergeerd;
- grijsschaal repeteerbaar, onafhankelijk van de media of de ouderdom van het systeem;
- bij hogere resolutie neemt de helderheid toe.

In figuur 5/3.16-25 wordt het beeld, geprojecteerd door een LCD-systeem vergeleken met dat van een DMD-systeem. Omdat bij een modern DMD-paneel vrijwel het gehele oppervlak uit spiegeltjes bestaat wordt het projectiescherm vrijwel volledig met beeld gevuld.



Figuur 5/3.16-25: Vergelijking van de projectiekwaliteit van een LCD- en een DMD-scherm.

Nadelen

Toch hebben DMD-beamers op dit moment nog een paar nadelen.
Het meest merkbare verschil is het feit dat triple-LCD projectoren een betere beeldkwaliteit hebben.
Wanneer DLP-projectoren een beeld creëren, worden de afzonderlijke spiegels aan- en uitgeschakeld. Er zal hierdoor ook licht zijn dat wordt terug gereflecteerd, wat tot gevolg heeft dat donkere schaduwen in stille en bewegende beelden meestal merkbaar knipperen.

Specificaties

Inleiding

TV-projectoren worden gekenmerkt door een aantal meetbare specificaties die in belangrijke mate de kwaliteit van het geprojecteerde beeld bepalen.

Resolutie

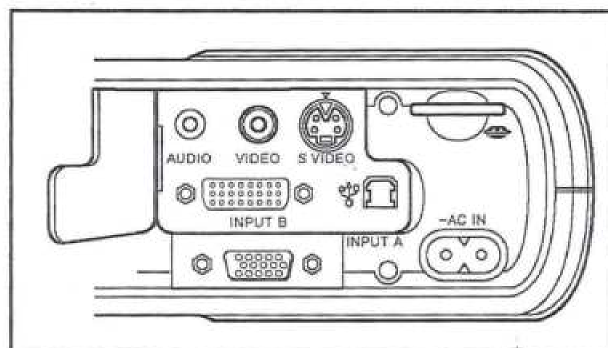
De belangrijkste specificatie is zonder meer de resolutie. TV-projectoren wer-

ken, dat zal inmiddels wél duidelijk zijn geworden, digitaal en zoals alles dat digitaal werkt, is de basis van een TV-projector een lichtvlekje of pixel dat aan of uit wordt gestuurd. Het aantal pixels dat de projector kan genereren wordt de resolutie genoemd. In de meeste gevallen wordt de resolutie voorgesteld door twee getallen die het aantal pixels in horizontale en in verticale richting definiëren.

- SVGA-projectoren
  SVGA-projectoren hebben een optische resolutie van 800 x 600 pixels. Hoewel dit niet veel lijkt, mag men niet vergeten dat een normale ouderwetse TV met een beeldschermverhouding van drie op vier het er niet beter van afbrengt. Deze projectoren kunnen echter alleen worden aangesloten op een PC met een maximale resolutie van 800 x 600 pixels. Hogere resoluties worden niet helder geprojecteerd. In de praktijk zal immers een aantal pixels wegvallen, wat een onscherp beeld oplevert. Hoewel verschillende projectoren door middel van comprimeren dit beeldverlies trachten op te vangen, resulteert dat zelden in een acceptabel beeld.
- XGA-projectoren
  XGA-projectoren hebben een optische resolutie van 1.024 x 768 pixels. Deze projectoren kunnen worden aangesloten op een PC met een maximale resolutie van 1.024 x 768 pixels. Dat treft bijzonder goed, want dat is op dit moment ook de standaard resolutie van een PC-monitor. Wat op het PC-scherm verschijnt zal dus bij de projectie op dezelfde manier worden weergegeven.
- SXGA-projectoren
  SXGA-projectoren hebben een optische resolutie van 1.280 x 1.024 pixels. Dergelijke apparaten zijn op dit moment zeer prijzig, maar uiteraard leveren zij wél de beste beeldkwaliteit.

Lichtopbrengst

De hoeveelheid licht die op het scherm valt bepaalt voor een groot deel de kwaliteit van het beeld. De hoeveelheid licht wordt uitgedrukt in ANSI-lumen. ANSI staat voor "American National Standard Institute". Dit instituut heeft de meting van de lichtopbrengst gestandaardiseerd en deze standaard wordt door vrijwel alle fabrikanten gehanteerd. De juiste lichtopbrengst voor de projectie wordt bepaald door rekening te houden met het projectieoppervlak en het omgevingslicht. Het standaard projectieoppervlak dat over het algemeen wordt gebruikt, is 180 x 135 cm. Dit formaat voldoet tot ongeveer 30 personen. Niet alleen het projectieoppervlak maar ook het omgevingslicht is van invloed op de benodigde lichtopbrengst. Hoe lichter de ruimte is waarin wordt geprojecteerd, hoe meer lichtopbrengst de projector moet hebben voor een helder beeld.

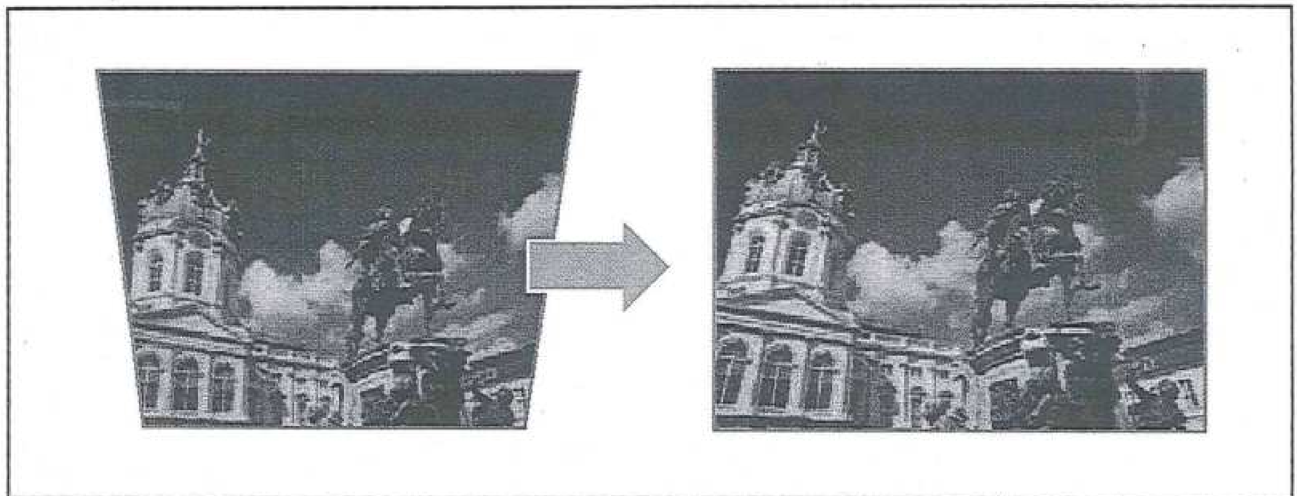


Figuur 5/3.16-26: Moderne TV-projectoren hebben toekomstgerichte aansluitingen voor allerlei signalen.

Levensduur van de lamp

De kosten van een projectielamp variëren van EURO 400,00 tot EURO 700,00.

3.16 Werking en principes van TV-projectoren

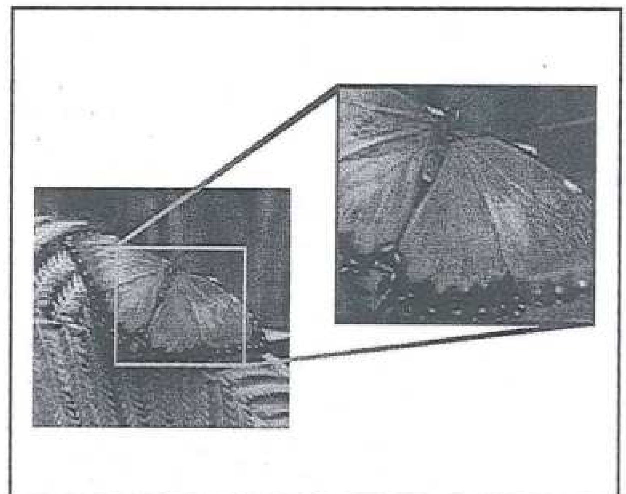


Figuur 5/3.16-27: Moderne TV-projectoren hebben de mogelijkheid de zogenaamde keystoning te corrigeren.

Het is dus raadzaam reeds bij de aanschaf van een projector te letten op de levensduur (en kosten) van de lamp.

Compatibiliteit

De meeste apparaten zijn zowel geschikt voor weergave van video, TV, DVD én voor het reproduceren van computerbeelden. Optioneel is meestal een insteek tunerkaart verkrijgbaar, zodat de projector geheel onafhankelijk TV-zenders kan ontvangen. Ook zijn sommige projectoren geschikt voor toekomstige videostandaards met hogere resolutie. Afhankelijk van de toepassing moet worden gelet op het aantal verschillende typen aansluitingen. Daarbij kan worden gedacht aan aansluitingen voor zowel PC als Mac, audioaansluitingen, RS232 voor besturingstoepassingen, USB, muisaansluiting, aanwijzer, enzovoort. De extra beschikbare aansluitingen maken de projector meestal niet veel duurder en ze zitten niet in de weg. In figuur 5/3.16-26 zijn bijvoorbeeld de aansluitingen van de moderne TV-projectoren van Sony van de reeks VPD-MX10 weergegeven.



Figuur 5/3.16-28: De zoom-functie is iets waar alle moderne TV-projectoren over beschikken.

Keystoning-correctie

Keystoning is een onzuiverheid in de weergave, waarbij afwijkingen in de exact zuivere rechthoek van het beeld zijn te zien. De onderkant van het beeld is dan bijvoorbeeld smaller dan de bovenkant, hetgeen een trapeziumvormige vervorming oplevert. Dat kan het gevolg zijn van het feit dat de TV-projector en het scherm

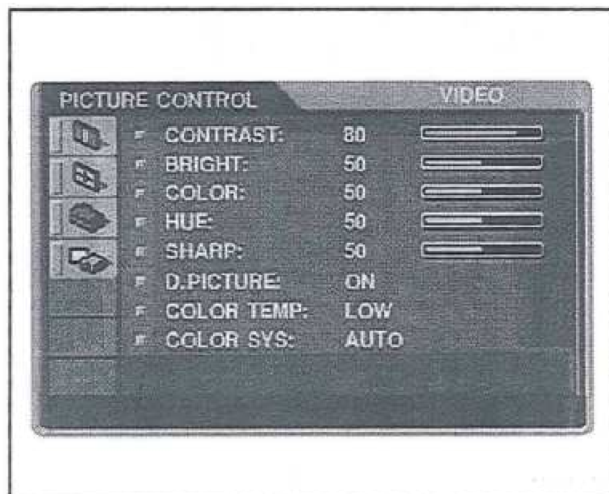
niet exact parallel staan opgesteld. Moderne projectoren hebben de mogelijkheid deze vervorming te corrigeren, zie figuur 5/3.16-27.

Zoom

Hoewel het onzin lijkt bij projectiesystemen te kunnen zoomen kan dat toch nuttige toepassingen hebben.
Moderne projectoren zijn voorzien van zowel optische als digitale zoom-functies, waarmee een deel van het beeld beeldvullend op het scherm verschijnt, zie figuur 5/3.16-28.

On-screen control

Het begrip "on-screen control" is bekend. Moderne TV's kunnen via vaak uitgebreide menu's die op het scherm verschijnen worden ingesteld. Dergelijke functies zijn uiteraard ook aanwezig bij moderne TV-projectoren, zie figuur 5/3.16-29.



Figuur 5/3.16-29: Het instellen van een TV-projector via "on-screen"-menu's.

Beeldformaat

Het standaard beeldformaat heeft een breedte-hoogte verhouding van 4:3. Worden echter ook videobeelden via de projector weergegeven, zoals DVD-films, dan kan de aanwezigheid van de breedbeeld verhouding 16:9 van belang zijn.

Accessoires

De meeste accessoires worden standaard bijgeleverd. Soms is er echter een los accessoire pakket leverbaar. Informeer altijd naar de mogelijkheden en de leverbaarheid. Tot de accessoires worden afstandsbediening en audio- en videokabels gerekend. Met name deze laatste ontbreken nog wel eens en dan met name die voor de aansluiting op een Mac.

Test software

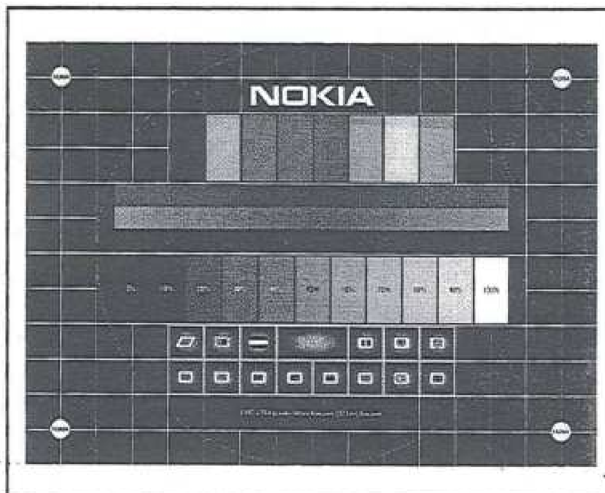
Inleiding

Ondanks de spectaculaire prijsdaling zijn TV-projectoren nog steeds dure producten. Net zoals het gebruikelijk is een TV in de winkel te testen kan men zonder probleem ook een aan te schaffen TV-projector aan een grondig onderzoek onderwerpen. Het winkelpersoneel zal het niet leuk vinden, maar voor wat hoort wat. Het is niet voldoende dat te doen door het bekijken van TV-programma's. Omdat iedere beamer tóch een PC-aansluiting heeft kan men veel beter de laptop meenemen en een speciaal testprogramma op het apparaat loslaten. Zo'n speciaal testprogramma is bijvoorbeeld NTEST.EXE van Nokia, zie figuur 5/3.16-30. Dit kleine Windows-programma kan even op de notebook worden geïnstalleerd.
Het verandert niets aan de instellingen van het register en kopieert ook geen DLL-files naar Windows. Het is dus even gemakkelijk weer te verwijderen. Het staat ter beschikking op de "HE&IC"-site

www.vego.nl/hobby bij de menu-selectie "Softwareservice".



Figuur 5/3.16-30: Het programma NTEST.EXE van Nokia is goed bruikbaar om TV-projectoren aan de tand te voelen.



Figuur 5/3.16-31: Het beoordelen van de geometrische configuratie.

Een reeks testbeelden

Het programma levert een reeks testbeelden die wordt gebruikt om de prestaties van TV-projectoren te testen. Laat het apparaat 20 minuten opwarmen alvorens met de tests te beginnen.

Geometrische configuratie

Met het testbeeld voor de geometrische configuratie kan men het beeld controleren op geometrische vervormingen. De volgende eigenschappen kan men met dit testbeeld (figuur 5/3.16-31) beoordelen:
- horizontale grootte;
- verticale grootte;
- horizontale verschuiving;
- verticaal centreren;
- kantelcorrectie;
- trapeziumcorrectie;
- orthogonale correctie;
- kussencorrectie;
- balans kussencorrectie.

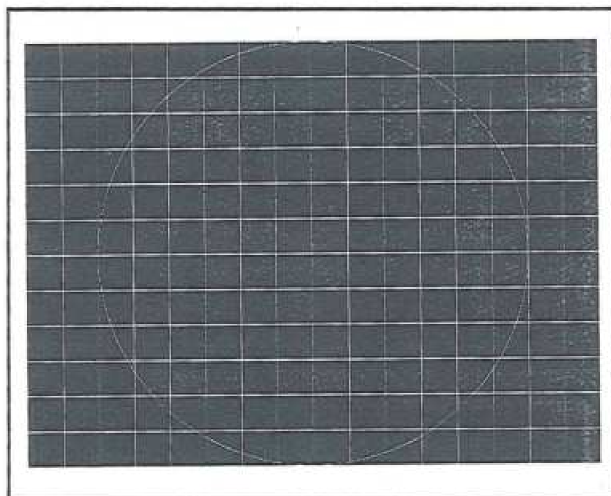
Helderheid en contrast

Met dit testbeeld ken men de helderheids- en contrasteigenschappen van het beeld beoordelen. De helderheid bepaalt het lage niveau van het lichtrendement (zwartniveau) van het beeld. Men kan beter het zwartniveau op een lage waarde instellen en enkele van de donkerder grijstinten verliezen dan het zwartniveau op een te hoge waarde instellen en geen goed contrast en geen zwarte achtergrond hebben. De helderheid beïnvloedt de beeldscherpte. Bij een te helder beeld kunnen enkele details verloren gaan. Het contrast regelt het verschil in helderheid tussen lichte en donkere kleurtinten. Met andere woorden, het contrast regelt de versterkingsfactor van de videoversterker. Na het instellen van het zwartniveau met behulp van de helderheidsregeling, wordt het lichtrendement van het beeldscherm met de contrastregeling op een comfortabel niveau ingesteld. Een laag contrastniveau is minder vermoeiend voor de ogen.

Convergentie

Convergentie is het vermogen van de TV-projector om rode, groene en blauwe beeldelementen op het scherm op correcte wijze samen te brengen. Een witte lijn op het beeld bestaat uit rode, groene en

blauwe pixels. Bij een beeld zonder convergentiefouten komen de lijnen precies samen, wat resulteert in de kleur wit. Met het testbeeld van figuur 5/3.16-32 is de mate van convergentie van de apparatuur exact te bepalen.



Figuur 5/3.16-32: Met dit testbeeld kan men de convergentie vaststellen.

Het gehele beeld moet bestaan uit zuiver witte lijnen, die geen kleurzweem mogen vertonen. Let vooral goed op de weergave in de hoeken! Bij een ernstige convergentiefout zijn afzonderlijke rode, groene en blauwe lijnen zichtbaar in plaats van de kleur wit. Gekleurde gebieden vertonen randen met een verkeerde kleur. Een verticale convergentiefout is zichtbaar in horizontale lijnen of randen en omgekeerd.

Beeldhelderheid
Voorwaarde voor een goede beeldhelderheid is een weergavetoestand met een voldoende hoge resolutie. De volgende factoren kunnen afbreuk doen aan een optimale beeldhelderheid:
- onvoldoende scherpte;
- moiré;
- synchronisatiestoring.

Moiré is een patroon dat door alle projectoren kan worden gegenereerd. Het kan worden gezien als een gelijkmatig golvende vervorming in het beeld. Moiré wordt veroorzaakt door interferentie tussen het beeldvormende paneel en de resolutie van de weergave. Behalve de weergavetoestand kunnen ook bepaalde beeldtypen last hebben van moiré. Over het algemeen zijn projectoren met een goede scherpte het gevoeligst voor moiré.

Synchronisatiestoring
De synchronisatiestoring is een kleine beweging van de beeldelementen in een stilstaand beeld. Het beeld lijkt te "leven".

Leesbaarheid
Dit testbeeld genereert vijf tekstblokken die bestaan uit kleine letters. Op deze manier kan men de beeldscherpte in het midden en in de vier hoeken van het beeld praktisch beoordelen.

Het scherm

Inleiding
Tot slot nog een paar woorden over het scherm. Dit mag absoluut géén sluitpost op de begroting worden! Een wit laken heeft écht een heel andere functie dan het weergeven van de beelden van een TV-projector! De belangrijkste functie van een projectiescherm is immers het zo veel mogelijk reflecteren van het door de TV-projector uitgestraalde beeld. Een scherm zendt, anders dan een beeldbuis, géén licht uit, maar kaatst het licht terug. Men kan kiezen uit drie soorten schermen, elk met specifieke eigenschappen, namelijk:
- diffuus;

- reflecterend;
- retroreflecterend.

Diffuse schermen

Diffuse schermen kunnen onder een grote hoek worden bekeken. Dat is dus bijvoorbeeld het geval in zalen waarin de toeschouwers als in een theater om het scherm zitten. Een ander voorbeeld van de toepassing van een diffuus doek is de projectie tijdens demonstraties op beurzen, Door de hiermee samenhangende grote spreiding van het licht is het van belang dat de TV-projector een hoge lichtopbrengst heeft.

Reflecterende schermen

In relatief kleine ruimten, zoals woonkamers, waarin bovendien de projector boven het publiek is geplaatst, kan een reflecterend scherm worden toegepast. Zo'n scherm werkt als een spiegel en verstrooit het licht amper. Er moet dus écht in de lijn van de geprojecteerde lichtbundel worden gekeken, anders is er weinig te zien. Groot voordeel van zo'n scherm is dat men TV-projectoren met een relatief lage lichtsterkte kan toepassen.

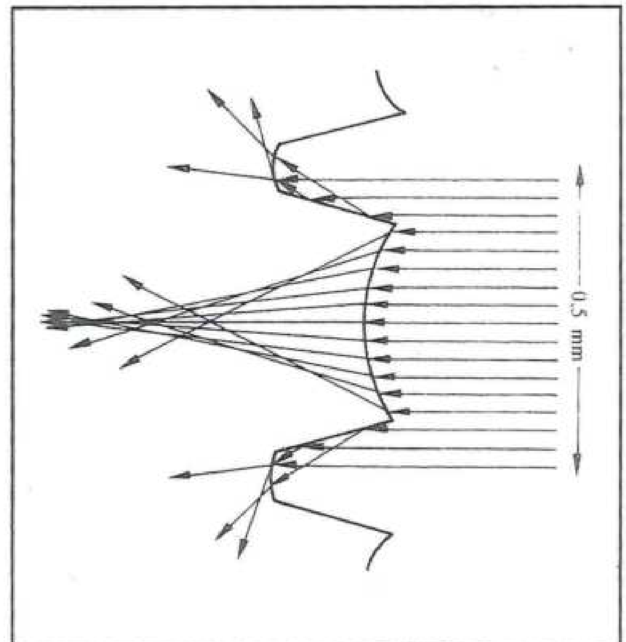
Retroreflecterende schermen

Het retroreflecterende scherm heeft eigenschappen die tussen de beide hiervoor genoemde liggen, hoewel ze iets meer neigen naar die van het reflecterende scherm. Dit type scherm is in het algemeen geschikt voor gebruik bij mobiele presentaties, waarbij de projector op een projectietafel tussen het publiek wordt geplaatst en dus een deel van het publiek niet exact recht voor het scherm zit.

Lichtopbrengst van het scherm

De intensiteit van het licht dat door het scherm wordt teruggekaatst bepaalt uiteindelijk wat de toeschouwer ziet. Deze intensiteit wordt uitgedrukt in lux. Deze waarde komt overeen met het aantal ANSI-lumen per vierkante meter schermoppervlakte, vermenigvuldigd met de reflectiewaarde van het scherm.

Op basis van bovenstaande formule kan worden bepaald hoeveel licht een projector moet produceren om bij een bepaald type scherm met een gekozen oppervlakte een helder beeld te geven.



Figuur 5/3.16-33: Het oppervlak van een lenticular-scherm dat bij "stand-alone" projectie-TV's wordt gebruikt.

Lenticular schermen

Tot slot nog iets over de zogenaamde "lenticular"-schermen. Dit zijn de schermen die in de "all-in-one"-apparaten van figuur 5/3.16-1 worden ingezet. De werking is uiteraard heel anders. Bij dergelijke apparaten valt het geprojecteerde licht in op de achterzijde van het scherm en moet het scherm zo transparant mogelijk zijn. De

schermen worden gemaakt van 3 mm dik acryl. Aan de achterzijde is een structuur van microminiatuur fresnell-lezen ingeperst. De schermen hebben ook een speciaal bewerkte voorkant, zie figuur 5/3.16-33, waardoor de contrastverhouding van het doorgelaten beeld wordt geoptimaliseerd en de afbeeldingen van de afzonderlijke cellen uit het projectiepaneel elkaar zo min mogelijk beïnvloeden.

7/1

Inhoud Actueel IC-handboek

Audio

7/2	LB1412	bar-graph dB-meter met 12 LED's en "Peak Hold"	*(aanv. 101)*
7/3	NJM2114	dubbele "Superb Audio" op-amp	*(aanv. 101)*
7/7	LA3607	grafische equaliser met zeven -12 dB tot +12 dB banden	*(aanv. 101)*
7/8	THAT2181A	high performance spanningsgestuurde versterker	*(aanv. 101)*

Datacommunicatie

7/4	MAX245	V.28/V.24-interface zonder externe componenten	*(aanv. 101)*
7/5	MAX252	optisch geïsoleerde RS-232 naar RS-232 verbinding	*(aanv. 101)*
7/17	MAX3087	RS-485/422 transceiver	*(aanv. 102)*

Detectorschakelingen

7/16	LM567CM	toondecoder tot 500 kHz	*(aanv. 102)*

Motorbesturing

7/15	PBL3717A	stappenmotor driver	*(aanv. 102)*

Optische schakelingen

7/20	HCPL-5430	dual opto-couplers met schmitt-trigger	*(aanv. 102)*
7/21	HCPL-1930	optisch geïsoleerde line-receiver	*(aanv. 102)*
7/22	PCF 1303	besturing voor 18 dot LCD bar-display	*(aanv. 102)*
7/23	MOC2A40	optisch geïsoleerde zero-crossing triac	*(aanv. 102)*

Schakelaars

7/24	HV1516	achtpolige digitaal bestuurbare omschakelaar	*(aanv. 102)*

Sensoren

7/10	OPT101	lineaire licht naar spanning omzetter	*(aanv. 101)*
7/11	INA138/168	lineaire stroom naar spanning omzetters	*(aanv. 101)*
7/19	TSL220	licht naar frequentie omzetter	*(aanv. 102)*

Telecommunicatie

7/6	M-948	gelatchte DTMF-kiestoon decoder voor de telefoon	*(aanv. 101)*

Vermogenselektronica

7/9	TPIC2404	viervoudige intelligente low-side switch	*(aanv. 101)*
7/12	VN02	smart power solid state relais	*(aanv. 102)*
7/13	VND05B	dual smart power solid state relais	*(aanv. 102)*

Versterkers

7/25	LM6325	breedband buffer, 50 MHz, 300 mA	*(aanv. 102)*
7/26	OPA548	power op-amp, 50 W, 1,0 MHz	*(aanv. 102)*

Voedingselektronica

7/14	NMX0512U	galvanisch gescheiden 5 V naar 12 V omvormer	*(aanv. 102)*
7/18	MID-400	geïsoleerde netspanningsmonitor	*(aanv. 102)*

7/12

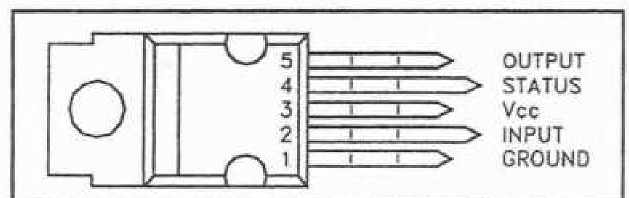
VN02, smart power solid state relais

Kennismaking

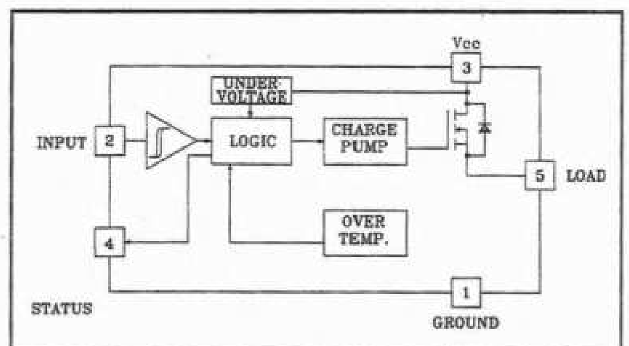
De VN02 is een monolithische schakeling waarmee aan één kant geaarde ohmse of inductieve belastingen kunnen worden aangedreven. Het principe van dit solid state relais berust op de "Vertical Intelligent Power Technology". De chip is door middel van thermisch afschakelen beveiligd tegen te hoge temperaturen en kortsluiting. Een te hoge temperatuur wordt gesignaleerd door de status-uitgang. Inductieve belastingen worden versneld uitgeschakeld met behulp van een negatieve belastingsspanning (-18 V).

Technische gegevens

- fabrikant
  SGS-Thomson
- behuizing
  7-pens PentaWatt
- aansluitgegevens
  figuur 7/12-1
- intern blokschema
  figuur 7/12-2
- voedingsspanning
  7 V min., 36 V max.
- voedingsstroom off-state
  9 mA max.
- uitgangsspanning
  60 V max.
- uitgangsstroom
  7 A continu (bij 25 °C)
- ingang
  5 V logica compatibel
- thermisch shut-down
  140 °C
- reset temperatuur
  120 °C
- beveiligd tegen under-voltage
- open-drain diagnostische uitgang



Figuur 7/12-1: Aansluitgegevens van de behuizing.



Figuur 7/12-2: Intern blokschema van de VN02.

Functionele beschrijving

De schakeling heeft een diagnostische uitgang voor het signaleren van overtemperatuur condities.

7.12 VN02, smart power solid state relais

	INPUT	DIAGNOSTIC	OUTPUT
Normal Operation	L H	H H	L H
Over-temperature	H	L	L
Under-voltage	X	H	L

Figuur 7/12-3: **Waarheidstabel van de VN02.**

De waarheidstabel van figuur 7/12-3 laat de niveaus van ingang, diagnostische uitgang en uitgang zien onder normale omstandigheden en bij foutcondities. De uitgangssignalen worden gegenereerd door interne logica. Om de schakeling tegen kortsluiting en te grote stroomsterkten te beschermen, wordt de geïntegreerde vermogens MOSFET door de thermische beveiliging bij een minimale junctietemperatuur van 140 °C uitgeschakeld. Als de temperatuur daarna is afgenomen tot 125 °C wordt de schakelaar automatisch weer ingeschakeld.

Bij het aandrijven van inductieve belastingen zorgt een interne functie voor snelle demagnetisatie bij een typische spanning (V_{demag}) van -18 V.

7/13

VND05B, dual smart power solid state relais

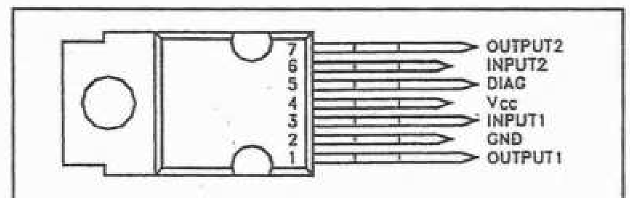
Kennismaking

De VND05B is een tweekanaals solid state relais voor het aan- en uitschakelen van aan één zijde geaarde, ohmse of inductieve belastingen.

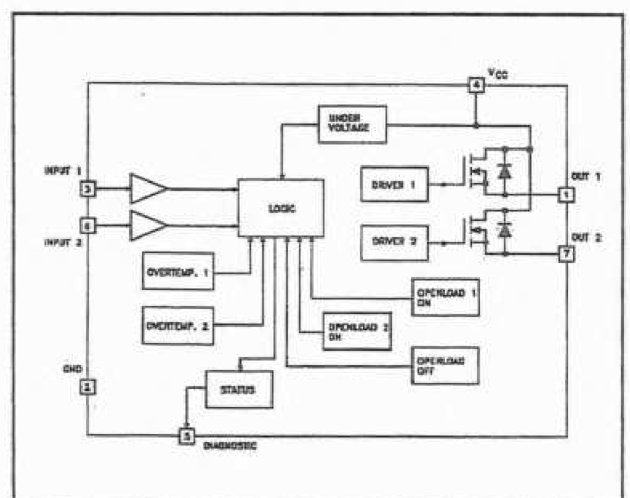
De uitgangen van deze monolithische "High Side" schakelaars zijn vermogens-MOSFET's. De schakeling is vervaardigd met behulp van de "Vertical Intelligent Power Technology". Het interne thermische afschakelcircuit beveiligt de VND05B als de temperatuur te hoog wordt of bij kortsluiting. De gemeenschappelijke status-uitgang DIAG signaleert een open uitgang in zowel aan- als uit-toestand, kortsluiting naar V_{cc} of een te hoge temperatuur.

Technische gegevens

- fabrikant
  SGS-Thomson
- behuizing
  7-pens HeptaWatt
- aansluitgegevens
  figuur 7/13-1
- intern blokschema
  figuur 7/13-2
- voedingsspanning
  6 V min., 26 V max.
- ingangsstroom
  ±10 mA max.
- uitgangsspanning
  40 V max.
- uitgangsstroom
  9 A max. (bij 85 °C)
- thermische shut-down beveiliging
  160 °C typisch
- DIAG-spanning
  TTL-compatible



Figuur 7/13-1: Aansluitgegevens van de VND05B.

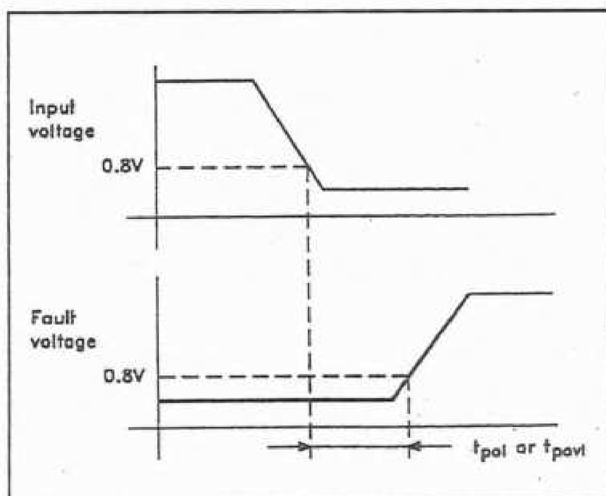


Figuur 7/13-2: Intern blokschema van de VND05B.

7.13 VND05B, dual smart power solid state relais

		INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT 1	OUTPUT 2	DIAGNOSTIC
Normal Operation		L H L H	L H H L	L H L H	L H H L	H H H H
Under-voltage		X	X	L	L	H
Thermal Shutdown	Channel 1	H	X	L	X	L
	Channel 2	X	H	X	L	L
Open Load	Channel 1	H L	X L	H L	X L	L L(**)
	Channel 2	X L	H L	X L	H L	L L(**)
Output Shorted to V_{CC}	Channel 1	H L	X L	H H	X L	L L
	Channel 2	X L	H L	X L	H H	L L

Figuur 7/13-3: Waarheidstabel van de VND05B.



Figuur 7/13-4: De werking van het status-signaal.

Nadere gegevens

In de waarheidstabel van figuur 7/13-3 is het verband tussen de in- en uitgangs- en statussignalen te zien onder verschillende omstandigheden. Op de dalende flank van het ingangssignaal gaat het statussignaal, dat in een foutsituatie oorspronkelijk LAAG was (bijvoorbeeld bij onbelast of over-temperatuur), vertraagd weer HOOG met een verschillende vertraging bij overtemperatuur en onbelast. De vertraging is t_{povl} in het geval van overtemperatuur of t_{pol} in het geval van open-belasting, zie figuur 7/13-4.

Door deze eigenschap is het mogelijk de aard van de fout te bepalen.

Om de chip over het gehele V_{cc} en temperatuurbereik te beveiligen tegen kortsluiting en te grote uitgangsstromen worden de geïntegreerde vermogens MOS-FET's thermisch afgeschakeld als de junctietemperatuur boven 140 °C komt. Wordt de temperatuur daarna weer lager dan 125 °C, dan wordt de schakelaar weer ingeschakeld. Bij kortsluiting reageert de beveiliging onvertraagd, omdat de sensor (één per kanaal) in het betreffende MOS-gebied is gemonteerd. Deze positionering maakt het mogelijk om één kanaal normaal te laten werken, terwijl het andere kanaal zich in de automatische thermische cyclus bevindt. Ook is een interne

functie aanwezig die snelle demagnetisatie van inductieve belastingen bij een spanning (V_{demag}) van circa -18 V garandeert. Als gevolg hiervan wordt de vermogensdissipatie in de chip bij het schakelen van inductieve belastingen sterk verminderd.

Beveiliging tegen verkeerd aangesloten voeding

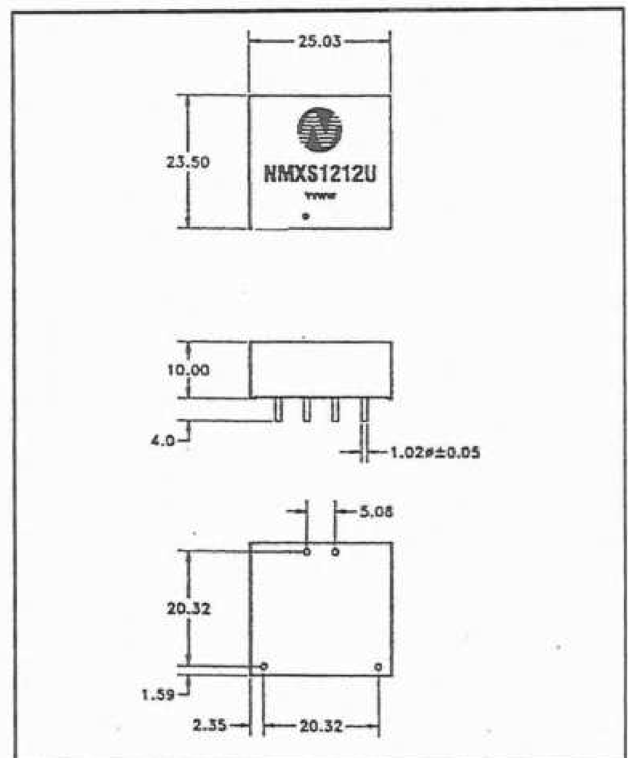
De eenvoudigste manier om de schakeling te beveiligen tegen een continu verkeerd om aangesloten voedingsspanning (-26 V) is een Schottky-diode op te nemen tussen pen 2 (GND) en aarde.

7.13 VND05B, dual smart power solid state relais

7/14

NMX0512U, galvanisch gescheiden 5 V naar 12 V omvormer

Kennismaking
De NMX0512U van Newport Components is een DC naar DC omzetter in modulaire vorm, met als voornaamste kenmerk dat er **een absoluut galvanische scheiding** bestaat tussen het primaire en secundaire circuit. Deze scheiding heeft een elektrische isolatie van 1 kV_{dc} als logisch resultaat.
De NMX0512U is een module die uit een standaard voeding van 5 V een goed gestabiliseerde 12 V voeding afleidt. Deze omvormer is uitermate geschikt voor het genereren van de voedingsspanning van veel stroom vragende verbruikers in uitgebreide en storingsgevoelige omgevingen. Het module is in staat secundair een vermogen van 5 W te leveren en dit zonder gebruik te maken van externe componenten.

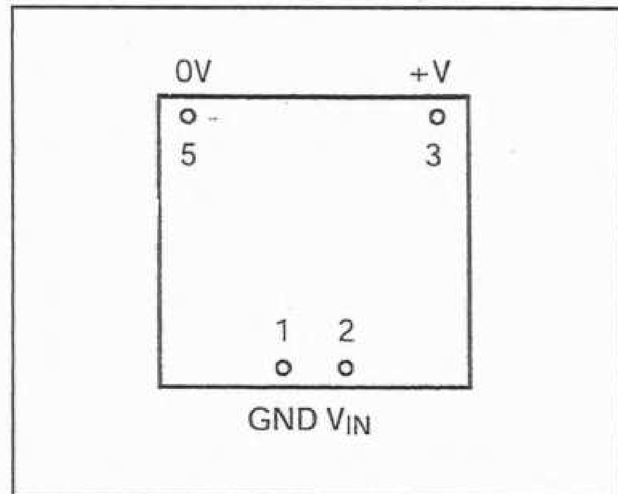


Figuur 7/14-1: De behuizing van de module.

Technische gegevens
- fabrikant
  Newport Components
- behuizing
  figuur 7/14-1
- aansluitgegevens
  figuur 7/14-2
- ingangsspanning
  +7 V max., +5 V typisch
- uitgangsspanning
  12 V typisch
- uitgangsstroom
  417 mA max.
- uitgangsvermogen
  5 W max.
- kortsluitbeveiliging
  1 s max.
- belastingsregulatie
  7 % typisch, 12 % max.
- ingangsregulatie
  1,1 % max.
- temperatuursdrift
  0,03 % max. per °C
- schakelfrequentie omvormer
  70 kHz typisch

7.14 NMX0512U, galvanisch gescheiden 5 V naar 12 V omvormer

- brom en ruis (20 MHz bandbreedte)
  125 $mV_{top\text{-}tot\text{-}top}$ max.
- van ingang gereflecteerde brom en ruis
  200 $mV_{top\text{-}tot\text{-}top}$ max., bij 20 MHz bandbreedte
- isolatieweerstand
  1 GΩ min.
- isolatiespanning
  1 kV_{dc} (1 s)
- efficiency bij volle belasting
  85 % typisch
- temperatuurstijging bij volle belasting
  30 °C max.

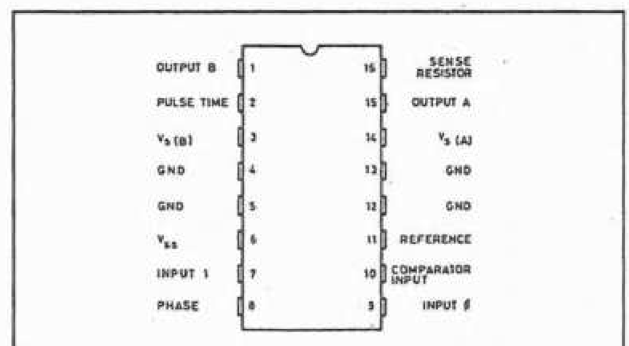


Figuur 7/14-2: De aansluitgegevens van de NMX0512U.

7/15
PBL3717A, stappenmotor driver

Kennismaking
De PBL3717A is ontworpen voor het besturen en aandrijven van één fase van een bipolaire stappenmotor met choppergestuurde fasestroom. Met behulp van twee logische signalen kunnen stroomsterkten in drie stappen worden ingesteld (selectie van 1-uit-3 comparatoren). Als beide ingangen HOOG zijn, is het IC uitgeschakeld. De richting van de stroom wordt met een aparte logische ingang bestuurd. De afnametijd van de stroom wordt met behulp van een door een extern RC-netwerk geprogrammeerde monostabiele multivibrator ingesteld. De vermogenssectie is een volle H-brug driver met vier interne clamp-dioden. De emitters aan de lage zijde zijn naar buiten uitgevoerd om een externe senseweerstand aan te kunnen sluiten. Een complete stappenmotor driver wordt gevormd door twee PBL3717A's en enkele externe onderdelen. De PBL3717A wordt geleverd in een 16-pens powerdipbehuizing. De middelste vier geaarde pennen kunnen voor extra koeling via de printkaart worden gebruikt.

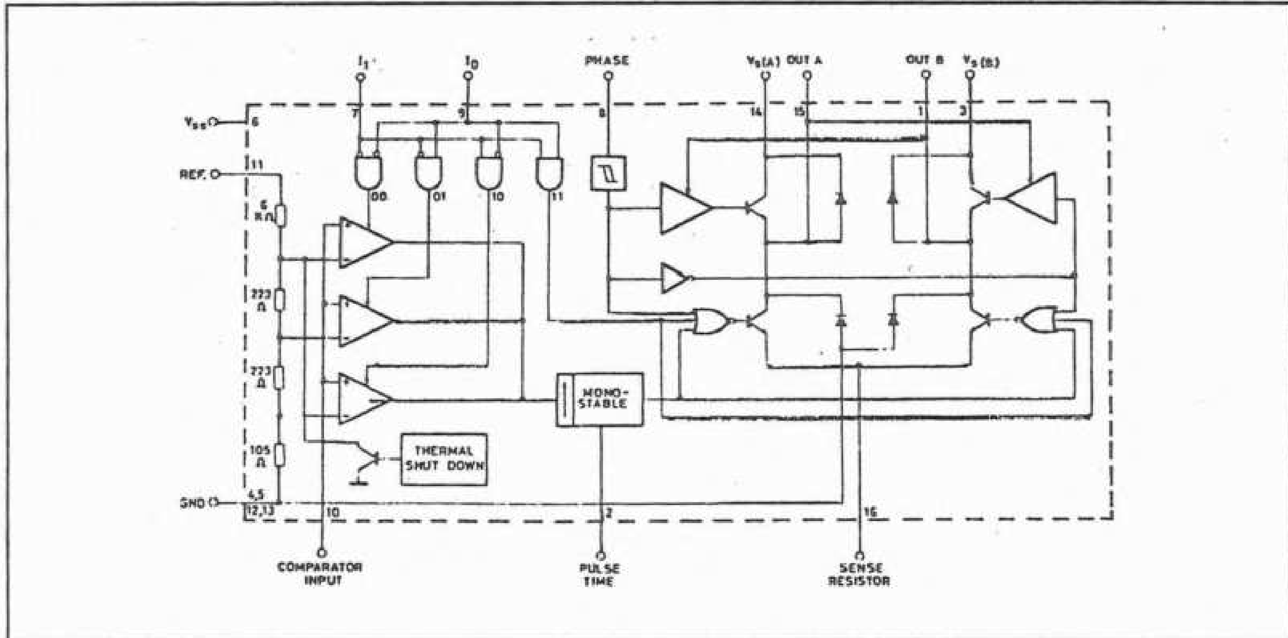
Technische gegevens
- fabrikant
  SGS-Thomson
- behuizing
  DIL16-Power
- aansluitgegevens
  figuur 7/15-1
- intern blokschema
  figuur 7/15-2
- modes
  volle-, halve- en kwart-stap bedrijfsmode
- voedingsspanning
  7,2 V min, 16 V max
- voedingsstroom in stand-by
  12 mA max.
- uitgangsstroom
  350 mA max.
- digitaal of analoog bestuurbare uitgangsstroom
- TTL- en CMOS-compatibele ingangen
- waarheidstabel besturing
  figuur 7/15-3



Figuur 7/15-1: Aansluitgegevens.

Motorbesturing
De stappenmotor kan in beide richtingen draaien, al naar gelang de volgorde van de ingangssignalen. Het is mogelijk om volle, halve en kwart stappen te maken.

7.15 PBL3717A, stappenmotor driver



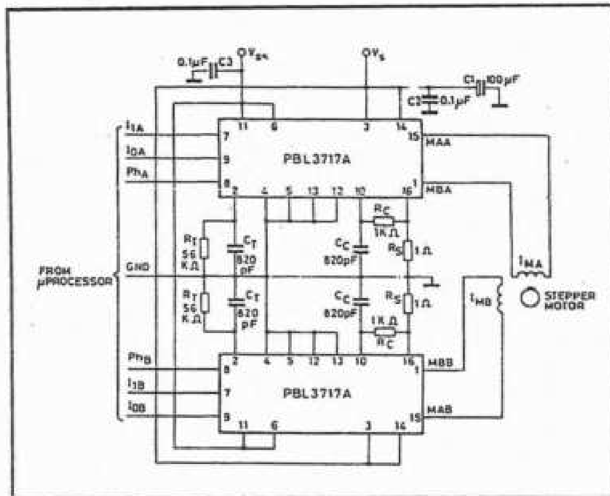
Figuur 7/15-2: Intern blokschema.

Input 0 (pin 9)	Input 1 (pin 7)	
H	H	No Current
L	H	Low Current
H	L	Medium Current
L	L	High Current

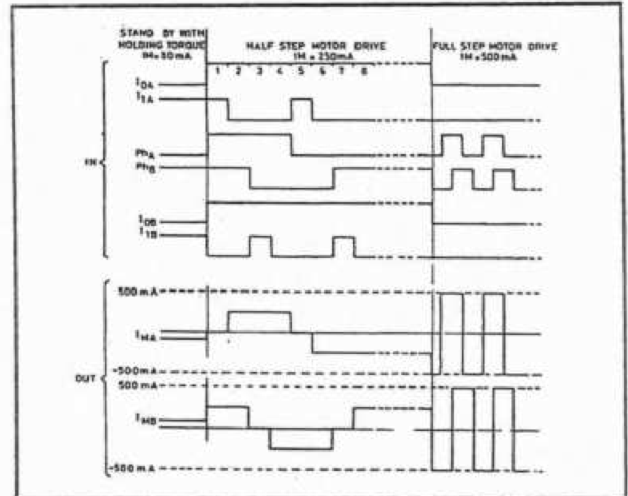
Figuur 7/15-3: Waarheidstabel van de stroombesturing.

- Volle stap bedrijf
  Hierbij worden beide wikkelingen van de stappenmotor voortdurend en met dezelfde stroom bekrachtigd ($I_{MA} = I_{MB}$).
  De stromen I_0 en I_1 blijven ingesteld op het vereiste koppel. Wanneer A de conditie is, waarbij wikkeling A in de ene richting is bekrachtigd en $\overline{A}$ in de andere richting, dan is de volgorde voor een volledige stap-rotatie:
  $AB \Rightarrow \overline{A}B \Rightarrow \overline{AB} \Rightarrow A\overline{B}$
  Voor draaien in de andere richting moet de volgorde worden omgekeerd. Bij volle stap bedrijf is het koppel bij elke stap gelijk.
- Halve-stap bedrijf
  Hierbij wordt beurtelings één wikkeling en beide wikkelingen bekrachtigd volgens de volgorde:
  $AB \Rightarrow B \Rightarrow \overline{A}B \Rightarrow \overline{A} \Rightarrow \overline{AB} \Rightarrow \overline{B} \Rightarrow A\overline{B} \Rightarrow \overline{A}$
  Net als bij de volle-stap kan dit met elke stroomsterkte worden gedaan. Het koppel is niet constant (lager als slechts één wikkeling is bekrachtigd). Een wikkeling wordt afgeschakeld door I_0 en I_1 beide HOOG te zetten.
- Kwart-stap bedrijf
  Het verdient aanbeveling de kwart-stap operatie bij vol vermogen te realiseren, omdat anders de stappen zeer onregelmatig van grootte zullen zijn. De kwartstappen worden toegevoegd aan de halve-stap volgorde door één wikkeling op de halve stroom te zetten, volgens de volgorde:
  $AB \Rightarrow A/2B \Rightarrow B \Rightarrow \overline{A}/2B \Rightarrow \overline{A}B \Rightarrow \overline{A}/2 \Rightarrow A$

7.15 PBL3717A, stappenmotor driver



Figuur 7/15-4: Typisch toepassing van de PBL3717A.



Figuur 7/15-5: Timing-diagrammen van de schakeling van figuur 7/15-4.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/15-4 worden twee IC's ingezet voor de aandrijving van een twee fase bipolaire stappenmotor. Het timing-diagram is weergegeven in figuur 7/15-5.

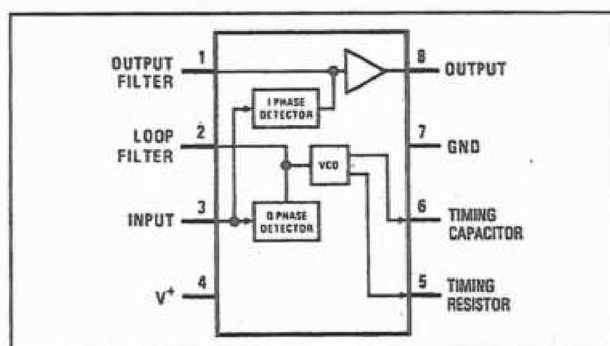
7.15 PBL3717A, stappenmotor driver

7/16

LM567CM, toondecoder tot 500 kHz

Kennismaking
De LM567CM is een standaard toondecoder in DIL-8 behuizing voor algemene toepassingen in het laagfrequent gebied. De minimale gegarandeerde frequentie bedraagt 100 kHz, maar de typische waarde is 500 kHz. De schakeling bestaat uit een VCO, de twee noodzakelijke fase-comparatoren en een uitgangstrap met open-collector. Deze uitgangstransistor gaat geleiden als de frequentie van het ingangssignaal binnen de bandbreedte van de schakeling valt en trekt de belasting naar de massa. De eindtrap kan 100 mA sinken.
Er zijn slechts drie externe componenten nodig voor het instellen van de f_o en de bandbreedte.

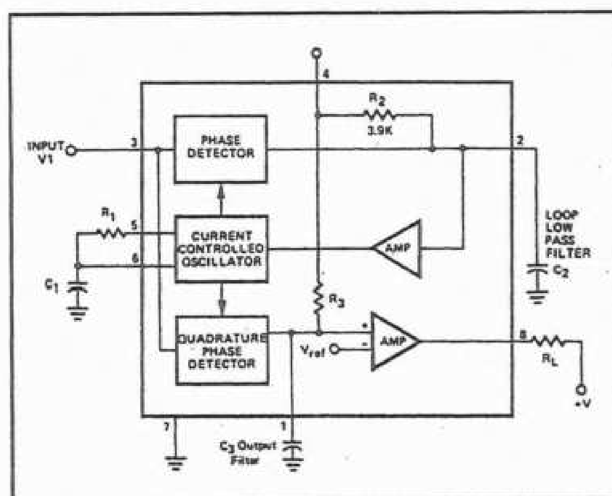
Technische gegevens
- fabrikant
  NatSemi
- behuizing
  DIL-8
- aansluitgegevens
  figuur 7/16-1
- intern blokschema
  figuur 7/16-2
- voedingsspanning
  +9,0 V max., +4,75 V min.
- voedingsstroom
  15 mA max.
- maximale VCO-frequentie
  100 kHz min., 500 kHz typisch
- temp.coëf. VCO
  35 ppm/°C max.
- minimale V_{in}
  20 $mV_{effectief}$ typisch
- minimale signaal/ruis-verhouding
  -6 dB
- ingangsimpedantie
  20 kΩ typisch
- maximale bandbreedte
  14 % van f_o typisch
- verzadigingsspanning uitgang
  0,6 V typisch
- stijgtijd uitgang
  150 ns typisch
- daaltijd uitgang
  30 ns typisch
- frequentie uitgang
  f_o/20 max.



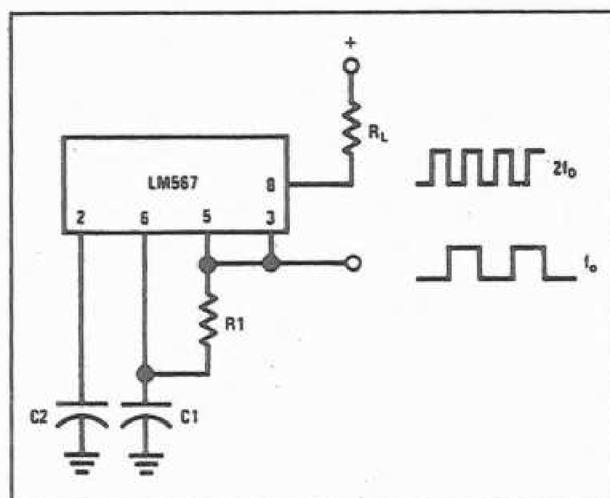
Figuur 7/16-1: Aansluitgegevens van de LM567CN.

Nadere gegevens
De centrale frequentie f_o van de VCO wordt gegeven door de uitdrukking:

7.16 LM567CM, toondecoder tot 500 kHz



Figuur 7/16-2: Intern blokschema van de LM567CN.



Figuur 7/16-3: De LM567 kan worden gebruikt als oscillator met twee uitgangen.

$f_o = 1 / [1,1 * R_1 * C_1]$

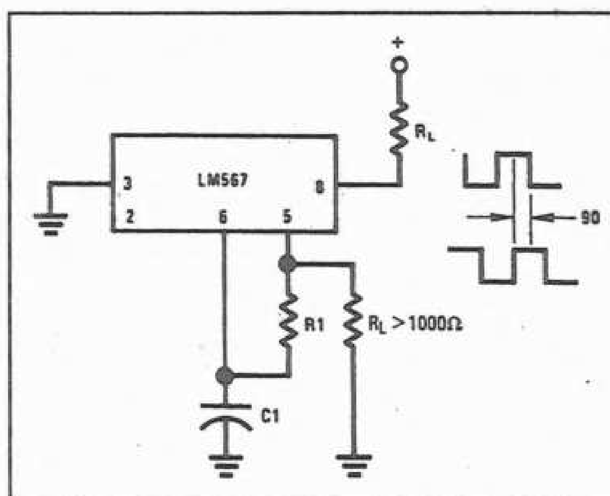
De bandbreedte van de toon-decoder wordt gegeven door de uitdrukking:

$BW = 1070 * \sqrt{} [V_{in} / f_o * C_2]$

De waarde van de filtercondensator C3 is in het algemeen niet kritisch. Deze is bedoeld om het uitgangssignaal van de quadrature-comparator af te vlakken. Bij een te kleine waarde zal de schakeling aan de grenzen van de bandbreedte af en toe foutieve uitgangspulsen opwekken. Is de condensator te groot dan zullen de uitgangspulsen langere stijg- en daaltijden vertonen.

Voorbeeldschakelingen

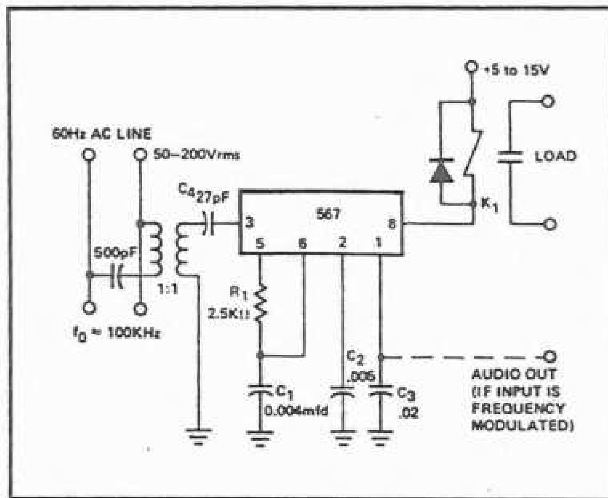
In figuur 7/16-3 is een oscillator getekend die twee uitgangssignalen opwekt, met frequenties gelijk aan f_o en $2 * f_o$.
De oscillator kan ook twee 90 ° in fase verschoven signalen genereren, zie figuur 7/16-4.



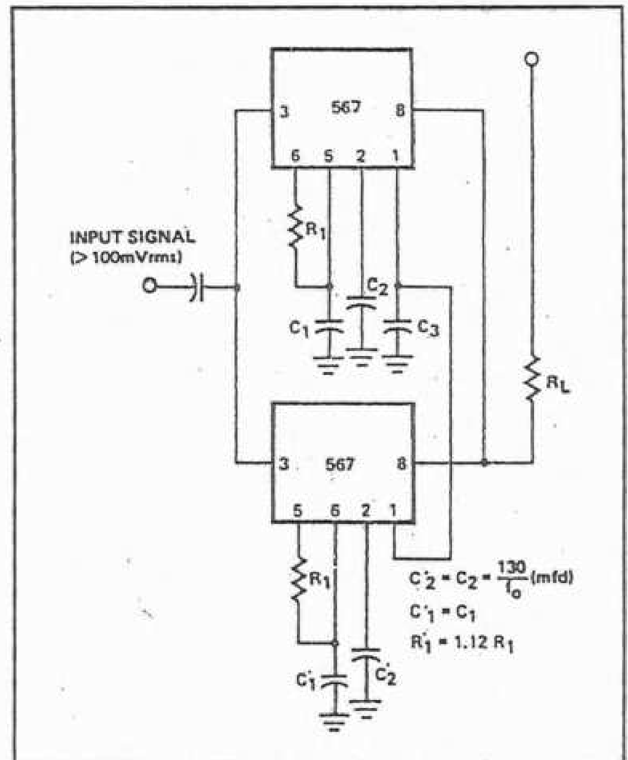
Figuur 7/16-4: Oscillator met in fase verschoven uitgangen.

In figuur 7/16-5 is een toondecoder schakeling getekend die op de netspanning geïnjecteerde toontjes detecteert en een relais stuurt als de toontjes aanwezig zijn. Als men het signaal bovendien in frequentie moduleert, dan kan men op uitgang 1 het gedemoduleerde signaal aftakken. Men zou deze schakeling dus kunnen gebruiken als eenvoudige FM-gemoduleerde intercom of babyfoon!
In figuur 7/16-6 is een toondecoder voorgesteld met een bandbreedte van 24 % ten opzichte van de centrale frequentie.

7.16 LM567CM, toondecoder tot 500 kHz



Figuur 7/16-5: Een eenvoudige intercom via de netleidingen.



Figuur 7/16-6: Basisschema van een toondecoder met twee LM567 IC's.

7.16 LM567CM, toondecoder tot 500 kHz

7/17

MAX3087, RS-485/422 transceiver

Kennismaking

De MAX3087 is een low-power transceiver voor RS-485 en RS-422 datacommunicatie die een lijndriver en een -receiver bevat. De schakeling is volledig "fail-safe".

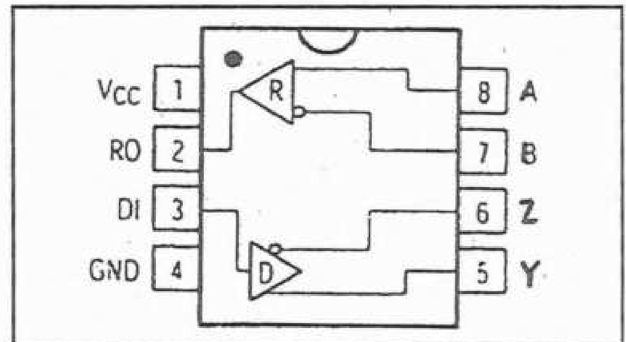
De driver van de MAX3087 heeft geen ingebouwde maatregelen tegen beperkte slew-rate, zodat snelheden tot 10 Mb/s mogelijk zijn.

De voedingsstroom van de transceiver bedraagt 375 µA in onbelaste toestand. De ontvanger heeft een ingangsimpedantie van 1/8 load, waardoor 256 transceivers op de bus kunnen plaats nemen.

Het IC is ontworpen voor full-duplex communicatie.

Technische gegevens

- fabrikant
  Maxim
- behuizing
  DIL-8
- aansluitgegevens
  figuur 7/17-1
- voedingsspanning
  5 V, ±5 %
- ruststroom
  375 µA typisch
- common-mode bereik
  -7 V tot +12 V
- uitgang
  tri-state bij power-off
- kortsluitvast
- thermisch beveiligd
- datasnelheid
  10 Mbit/s
- CMOS-compatibel
- RS-belasting
  256 transceivers op één bus

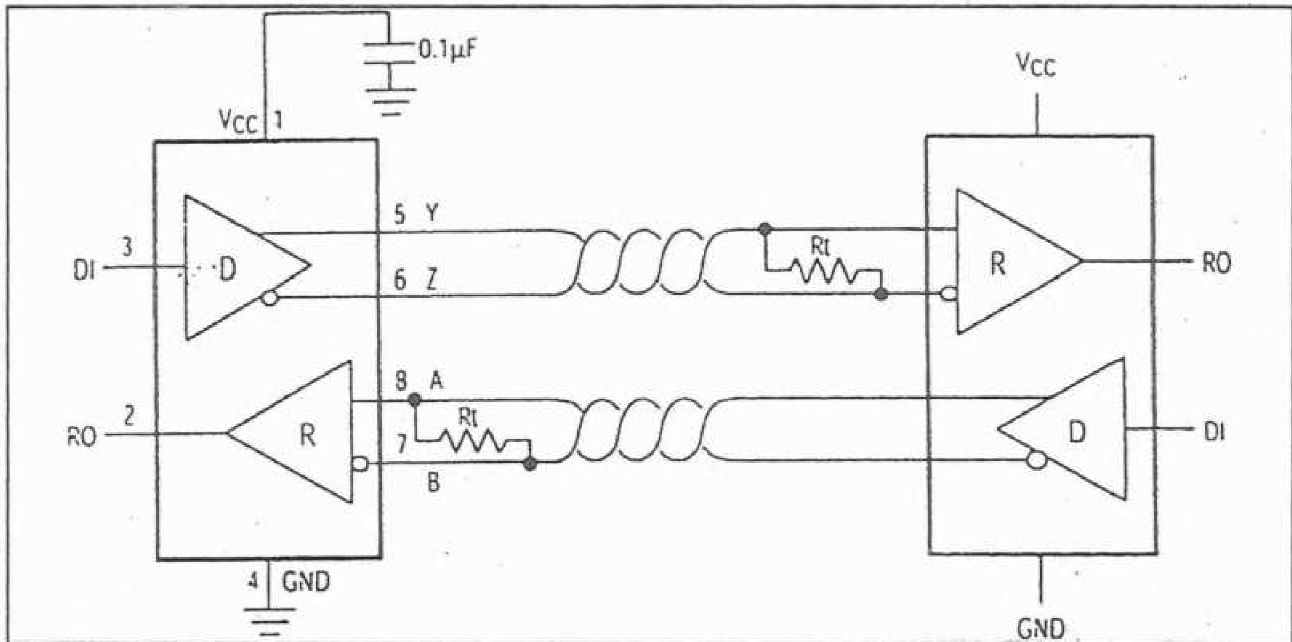


Figuur 7/17-1: Aansluitgegevens van de MAX3087.

Voorbeeldschakelingen

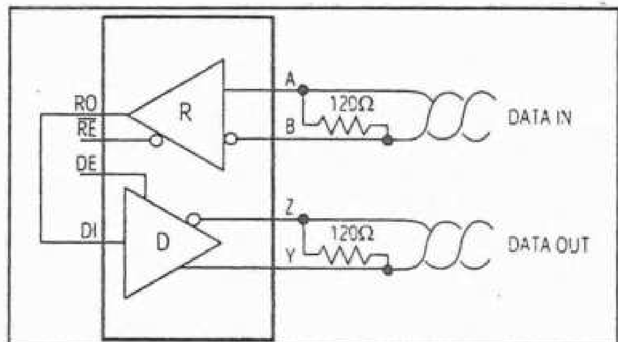
In figuur 7/17-2 is de standaard toepassing van dit IC getekend: een full-duplex lijnverbinding tussen een zender en een ontvanger.

7.17 MAX3087, RS-485/422 transceiver



Figuur 7/17-2: Een full-duplex lijnverbinding met twee stuks MAX3087.

In figuur 7/17-3 wordt een MAX30-87 toegepast als lijn-repeater.



Figuur 7/17-3: De MAX3089 als lijn-repeater.

7/18

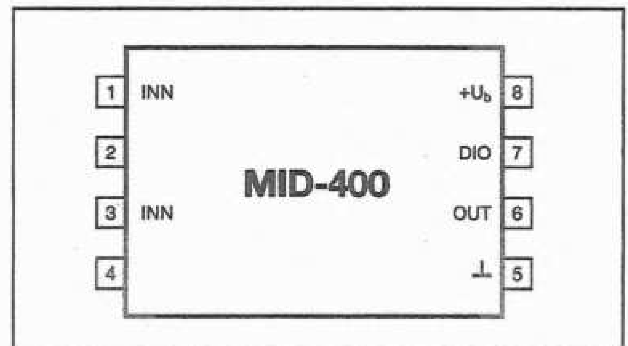
MID-400, geïsoleerde netspanningsmonitor

Kennismaking

De MID-400 is primair voorzien van twee antiparallel geschakelde infrarode LED's en secundair van een zeer gevoelige infrarode fotodiode en een speciale diodeversterker met open-collector uitgang. Het primaire circuit kan wisselspanningen tussen 24 V en 240 V verwerken, het secundaire geïsoleerde uitgangscircuit kan stromen tot 20 mA schakelen. Als de primaire LED's worden gestuurd, dan gaat de uitgangsspanning naar "L". Op deze manier kan men op een wel héél eenvoudige manier de aanwezigheid van een wisselspanning galvanisch gescheiden detecteren.

Technische gegevens

- fabrikant
  General Instrument
- aansluitgegevens
  figuur 7/18-1
- intern blokschema
  figuur 7/18-2
- LED-stroom
  25 $mA_{effectief}$ max.
  ±30 mA_{DC} max
- LED-stroom voor storingsvrije detectie
  4 $mA_{effectief}$ typisch
- LED-spanning
  1,5 V max.
- voedingsspanning
  +7 V max.
- uitgangsstroom
  20 mA max.
- restspanning bij detectie
  0,4 V max.
- inschakeltijd
  1,0 ms typisch
- uitschakeltijd
  1,0 ms typisch
- isolatieweerstand
  10^{11} Ω typisch
- doorslagspanning
  3350 $V_{effectief}$ typisch
  2500 V_{DC} typisch
- capaciteit
  2 pF typisch



Figuur 7/18-1: Aansluitgegevens van de MID-400.

Voorbeeldschakelingen

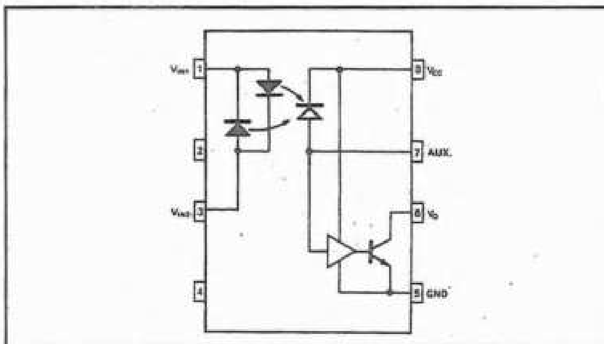
In figuur 7/18-3 is het basisschema met in- en uitgangsspanningen getekend.

De waarde van de weerstand R_{in} wordt berekend uit:

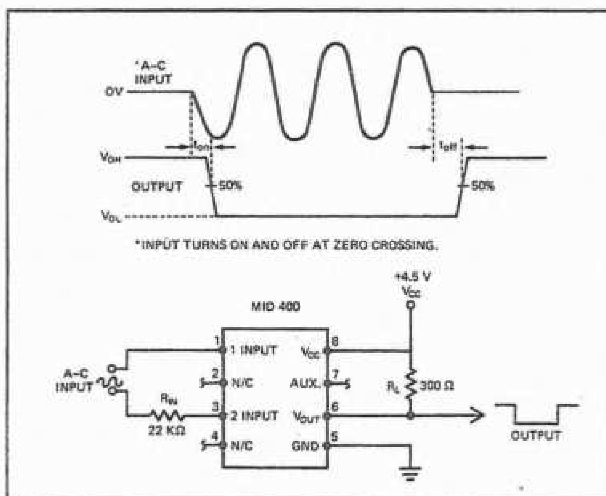
$R_{in} = [U_{in} - U_f] / I_{in}$

met U_{in} als de effectieve waarde van de wisselspanning op de ingang, U_f de span-

ningsval over de diode en I_{in} de noodzakelijke LED-stroom voor worst-case detectie.

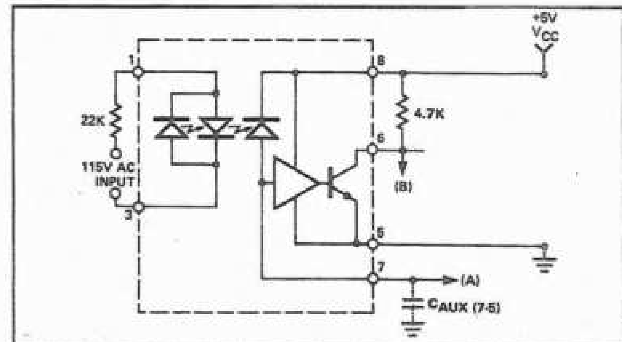


Figuur 7/18-2: Intern blokschema van de MID-400.



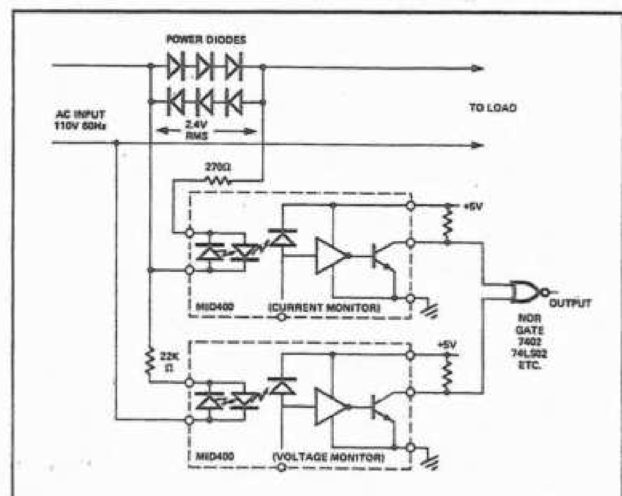
Figuur 7/18-3: Basisschema rond de MID-400.

In figuur 7/18-4 is een schakeling met voorziening tegen het incidenteel wegvallen van de netspanning getekend. Door het aanbrengen van een condensator tussen pen 7 en de massa zal de uitgang niet reageren op momentele netspanningsdalingen. Er wordt echter een vertraging geïntroduceerd tussen het moment waarop de wisselspanning verdwijnt en de reactie van de logische uitgang.



Figuur 7/18-4: Detector die het incidenteel wegvallen van de netspanning registreert.

In figuur 7/18-5 is een schakeling getekend die registreert of een verbruiker vermogen uit het net opneemt. Een MID-400 registreert de spanning, de tweede het vloeien van stroom (spanningsval over de dioden). Via een NOR worden de twee uitgangssignalen tot één detectiepuls gecombineerd.

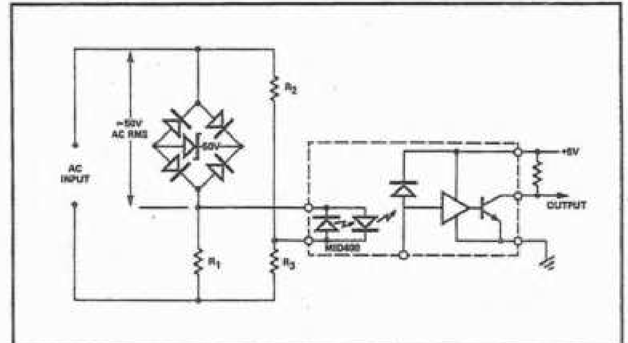


Figuur 7/18-5: Het detecteren van vermogensopname.

Tot slot geeft figuur 7/18-6 het schema van een monitor voor te hoge of te lage netspanning. Door de selectie van de weerstanden in de spanningsdeler R2-R3 kan men stroom door de MID-400 dioden laten vloeien als of de spanning op de

7.18 MID-400, geïsoleerde netspanningsmonitor

ingang een bepaalde waarde overschrijdt of deze spanning onder een bepaalde drempel zakt.



Figuur 7/18-6: Over- of onderspanningsmonitor.

7.18 MID-400, geïsoleerde netspanningsmonitor

7/19

TSL220, licht naar frequentie omzetter

Kennismaking

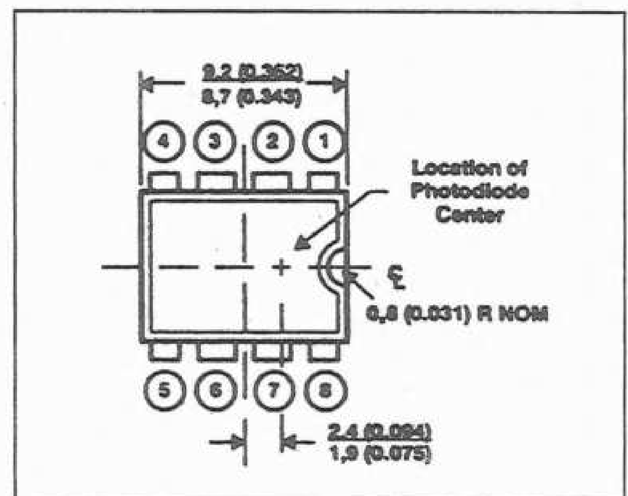
De TSL220 bestaat uit een fotodiode met een grote oppervlakte (4,13 mm^2) en een stroom naar frequentie omzetter. Het uitgangssignaal van de schakeling is een pulstrein waarvan de frequentie recht evenredig is met de lichtintensiteit op de fotodiode. Het uitgangssignaal is CMOS-compatibel en de frequentie kan worden gemeten door de pulsen te tellen, door de periode te bepalen of met integrerende technieken.

De TSL220 is ideaal voor lichtmetingen die een groot dynamisch bereik, een grote gevoeligheid en een grote storingsongevoeligheid vereisen.

Het bereik van de uitgangsfrequentie wordt bepaald door middel van een externe condensator, zodat de verlangde frequentie kan worden ingesteld op een bepaalde hoeveelheid licht. De TSL220 is verkrijgbaar in een transparante 8-pens DIL-behuizing.

Technische gegevens

- fabrikant
  Texas Instruments
- behuizing
  figuur 7/19-1
- intern blokschema
  figuur 7/19-2
- voedingsspanning
  +4 V tot +10 V
- dynamisch bereik
  118 dB
- uitgangsfrequentie
  250 kHz max.
- pulsduur
  1 µs typisch
- amplitude uitgangspuls
  3 V min., 4 V typisch
- niet-lineariteit
  minder dan 2 % volle schaal
  (C = 100 pF)

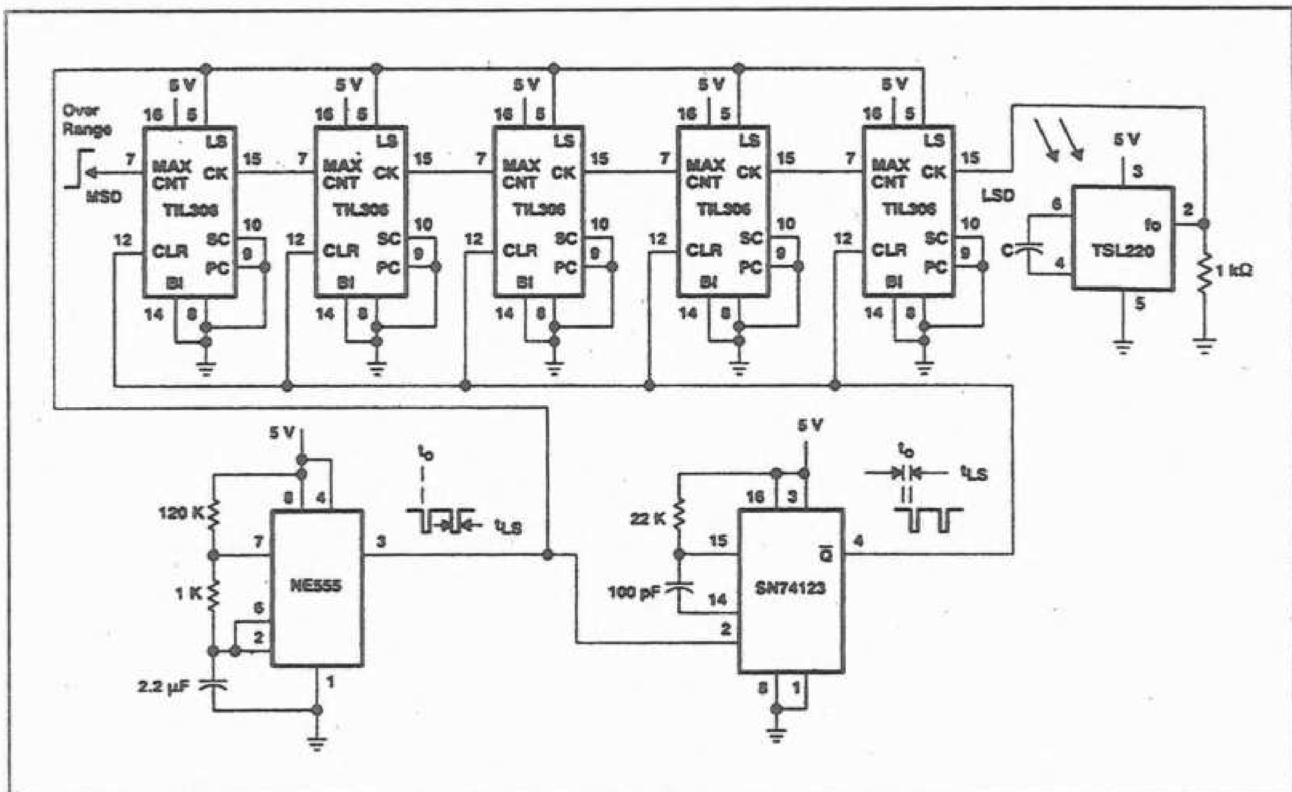


Figuur 7/19-1: Behuizing, met daarop aangegeven het hart van de fotodiode.

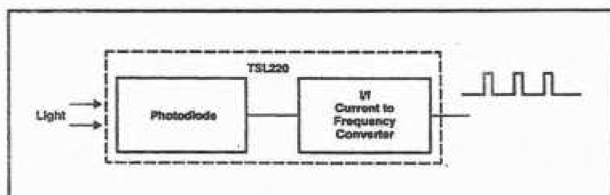
Voorbeeldschakelingen

In figuur 7/19-3 is een interessante toepassing van de TSL220 getekend. Het IC wordt hier ingezet voor het automatisch aanpassen van de intensiteit van intelligente zeven-segment LED-display's.

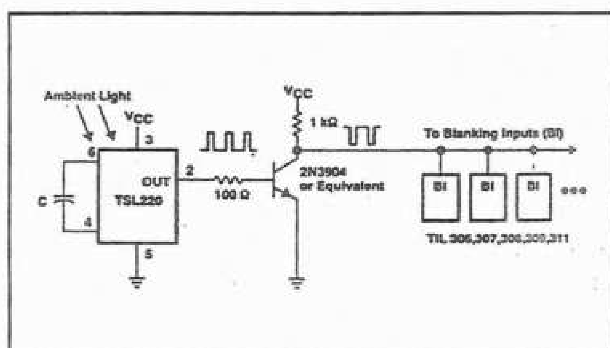
7.19 TSL220, licht naar frequentie omzetter



Figuur 7/19-4: Een eenvoudige digitale lichtmeter.



Figuur 7/19-2: Intern blokschema van de TSL220.



Figuur 7/19-3: Automatisch besturen van de intensiteit van LED-display's.

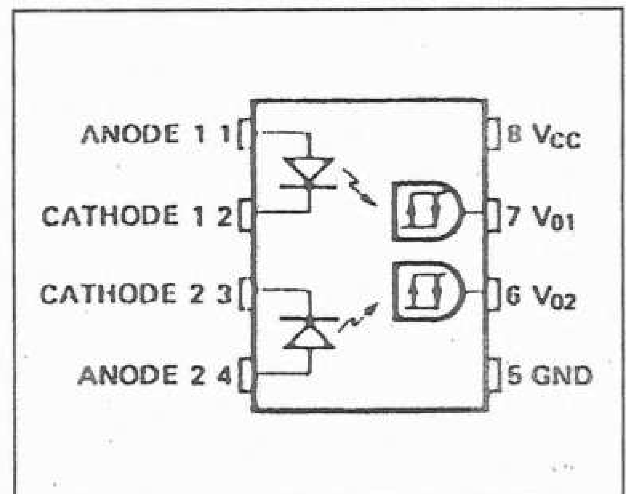
De schakeling meet namelijk de intensiteit van het omgevingslicht. De uitgangspuls van de detector wordt door middel van een schakeltrap geschikt gemaakt voor het aansturen van de blancking-ingang van de intelligente display's.
In figuur 7/19-4 wordt de TSL220 toegepast als hart van een eenvoudige digitale lichtmeter. De uitgangspulsen van de schakeling worden rechtstreeks geteld in vijf intelligente display's. Dat zijn display's waar de volledige logica van teller, geheugen en LED-besturing is ingebouwd. Een 555 zorgt voor de timing van de schakeling.

7/20

HCPL-5430, dual opto-coupler met schmitt-trigger

Kennismaking
De HCPL-5430 is een tweekanaals optisch gekoppelde isolator in hermetisch gesloten behuizing voor militaire en high-rel toepassingen. In de secundaire schakeling is een schmitt-trigger opgenomen, die zorgt voor een perfecte onderdrukking van stoorpulsen.
Het IC heeft per kanaal een AlGaAs infrarood emitterende diode en een snelle geïntegreerde fotodetector waardoor zeer hoge datasnelheden (10 Mbit/s) mogelijk zijn. De detector heeft een detectiedrempel met 0,25 mA hysteresis. De HCPL-5430 is compatibel met TTL-, STTL-, LSTTL -en CMOS-logica.
Om de hoge datasnelheid te behalen zijn de inwendige afmetingen zeer klein gemaakt, waardoor de isolator gevoelig wordt voor elektrostatische ontlading (ESD). De bekende normale maatregelen hiertegen dienen in acht te worden genomen.

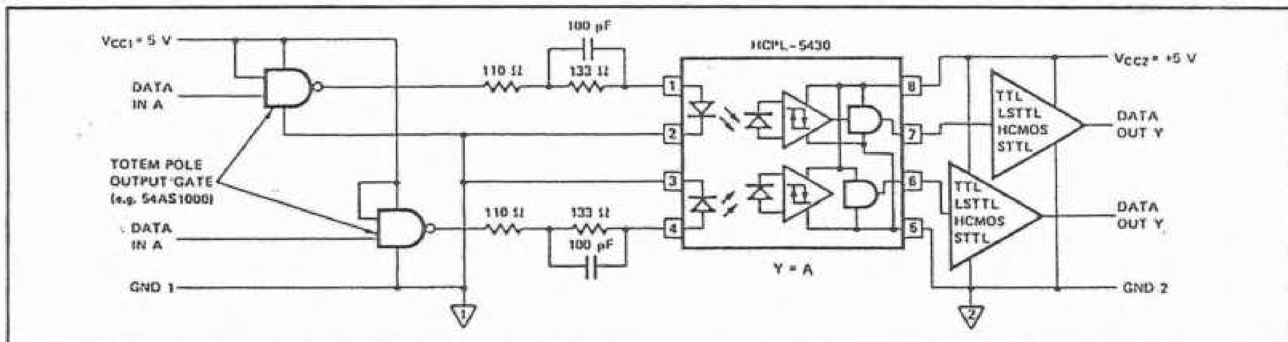
Technische gegevens
- fabrikant
  Hewlett Packard
- aansluitgegevens
  figuur 7/20-1
- intern blokschema
  figuur 7/20-2
- isolatie
  500 V max.
- totem-pole uitgangen
- voedingsspanning
  5,0 V typisch
- LED-stroom
  10 mA max.
- schmitt-trigger omklappunt
  3 mA aan, 2,75 mA uit
- uitgangsstroom
  -25 mA max.
- fan-out
  5 TTL-belastingen
- vertragingstijd
  75 ns max.



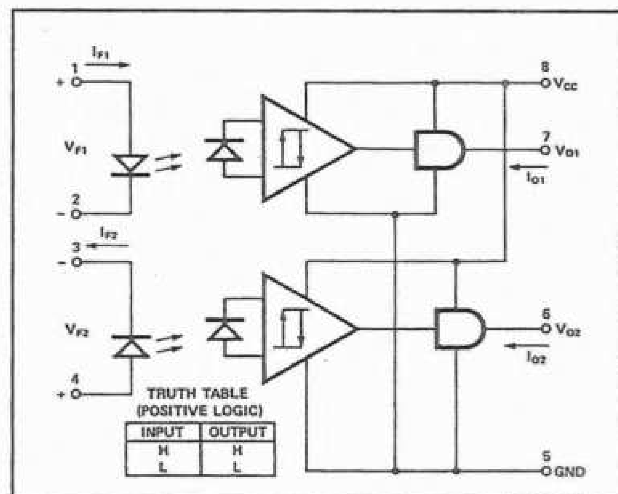
Figuur 7/20-1: Aansluitgegevens van de HCPL-5430

Voorbeeldschakeling
In figuur 7/20-3 wordt een interface schakeling voorgesteld met als hart een HCPL-5430.

7.20 HCPL-5430, dual opto-coupler met schmitt-trigger



Figuur 7/20-3: Schakeling rond de HCPL-5430.



Figuur 7/20-2: Intern blokschema van de HCPL-5430.

7/21

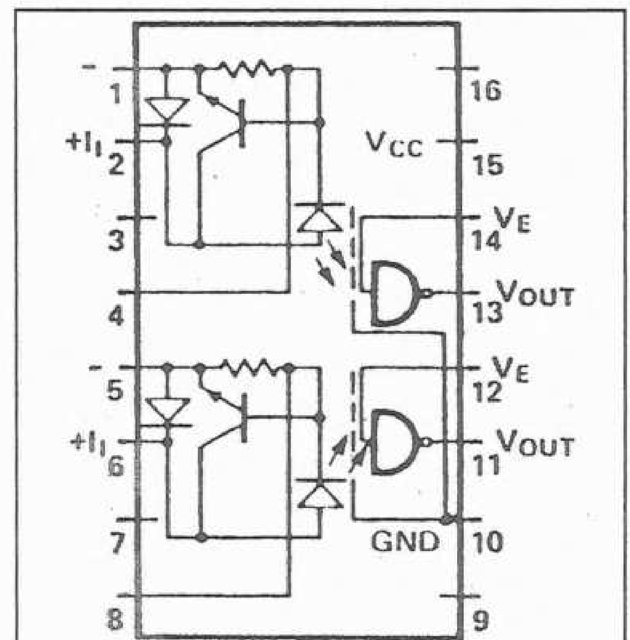
HCPL-1930, optisch geïsoleerde line-receiver

Kennismaking

De HCPL-1930 is een tweekanaals optisch gekoppelde isolator, speciaal bedoeld voor gebruik als line-receiver. Het IC bevat twee onafhankelijke kanalen, bestaande uit een GaAsP emitterende diode, een ingangsstroomregelaar en een geïntegreerde fotodetector.
De ingangsstroomregelaar dient als lijnafsluiting voor line-receiver toepassingen: de lijnspanning wordt hierdoor begrensd en de LED-stroom wordt geregeld zodat lijnreflecties geen invloed hebben op de werking. De regelaar begrenst de LED-stroom op 12,5 mA.
De uitgang van de detector is een open-collector Schottky geclampte transistor met een enable-ingang.
Een inwendige afscherming garandeert bestandheid tegen common-mode pieken van 1000 V/µs.
De koppelaar is TTL-compatibel, terwijl een ingangsstroom van 10 mA voldoende is voor een fan-out van 6 TTL-poorten met een vertraging van slechts 45 ns. De koppelaar is ondergebracht in een hermetisch gesloten 16-pens DIL-behuizing.

Technische gegevens

- fabrikant
  Hewlett Packard
- aansluitgegevens
  figuur 7/21-1
- intern blokschema
  figuur 7/21-2
- isolatie
  1500 V_{dc} min.
- adaptieve lijnafsluiting
- hoge CMR door inwendige afscherming
- datasnelheid
  10 MB/s
- externe basisaansluiting voor LED-stroom

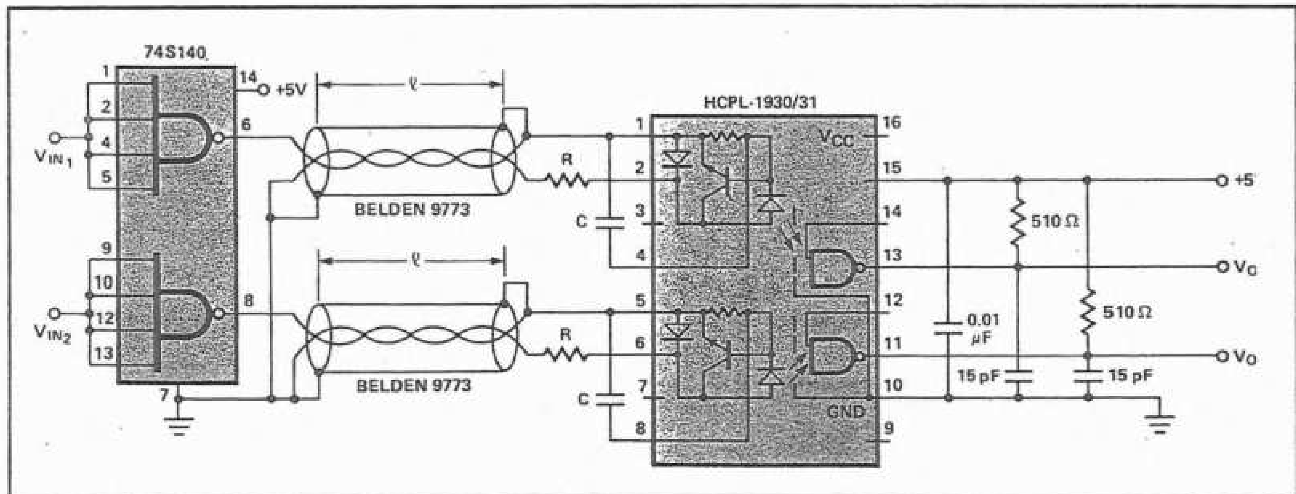


Figuur 7/21-1: Aansluitgegevens van de HCPL-1930.

Voorbeeldschakeling

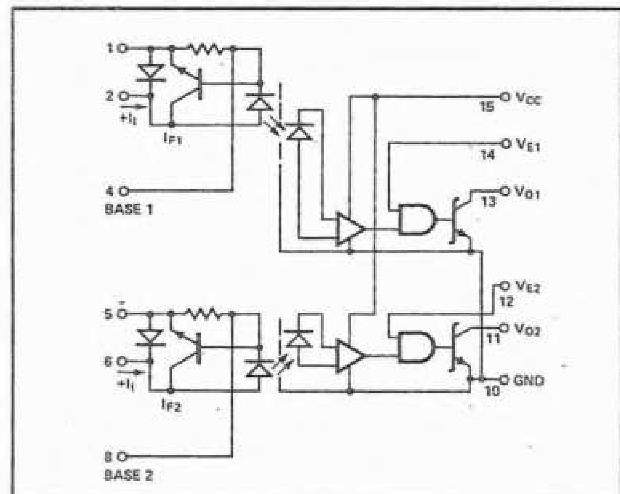
Figuur 7/21-3 geeft een typische toepassing van de HCPL-1930.

7.21 HCPL-1930, optisch geïsoleerde line-receiver



Figuur 7/21-3: Een toepassing van de HCPL-1930.

Hierbij worden twee signalen via symmetrische Belden-kabels naar de ingangen van de schakeling gevoerd.



Figuur 7/21-2: Intern blokschema van de HCPL-1930.

7/22

PCF1303, besturing voor 18 dot LCD bar-display

Kennismaking

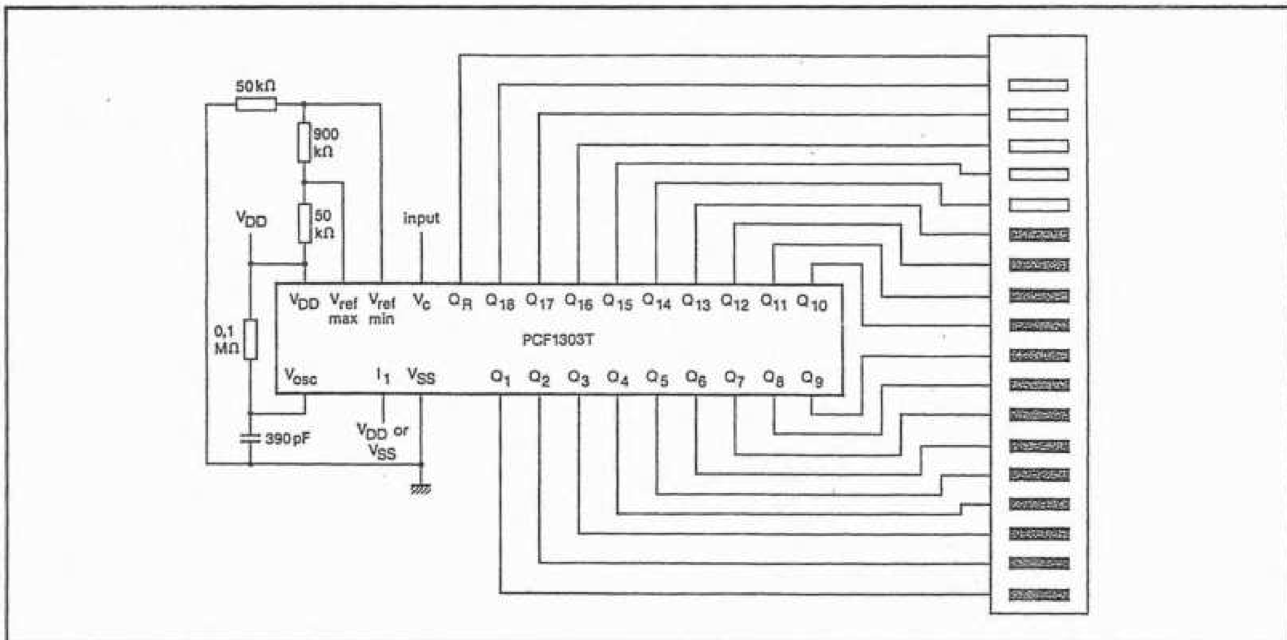
De PCF1303 is een schakeling die speciaal is ontworpen voor het aansturen van LCD-kolommen. De schakeling bezit een ingebouwde oscillator voor het genereren van de noodzakelijke wisselspanningssignalen voor het besturen van de LCD-segmenten. Er is slechts één backplane-uitgang. De oscillator wordt gestuurd door een RC-netwerk tussen de voeding, pen 1 en de massa. De frequentie van de uitleessturing moet ingesteld worden op 100 Hz. De schakeling is zeer universeel opgezet. Beide uiteinden van de interne weerstandsdeler, die de ingangsspanning vergelijkt met de drempelspanningen die de segmenten sturen, zijn vrij beschikbaar. Er is een mode-selector, waarmee men kan omschakelen tussen dot en bar uitlezing.

Opgemerkt moet worden dat de schakeling principieel anders werkt dan alle overige dergelijke schakelingen. Er is slechts één comparator aanwezig. De knooppunten van de interne weerstandsdeler gaan via elektronische schakelaars naar een ingang van deze comparator. De analoge ingangsspanning wordt aan de andere ingang aangeboden. Dat deze dynamische besturing kon worden toegepast is uiteraard een rechtstreeks gevolg van het feit dat er toch een oscillator ingebouwd moest worden voor het besturen van de LCD-elementen.

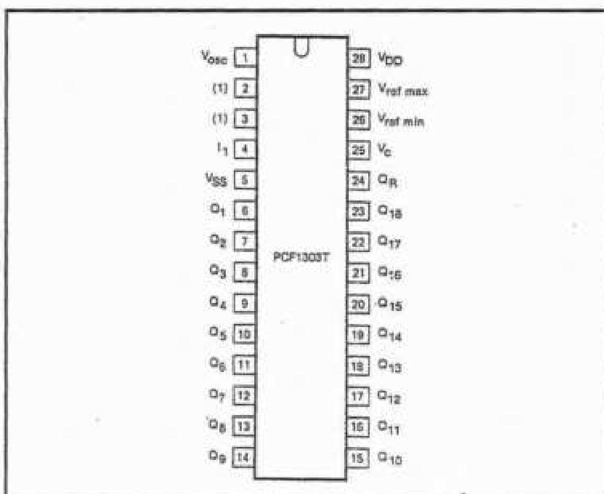
Technische gegevens

- fabrikant
  Philips
- behuizing
  DIL-28
- aansluitgegevens
  figuur 7/22-1
- intern blokschema
  figuur 7/22-2
- voedingsspanning
  +25 V max.
- voedingsstroom
  2,0 mA max.
- soort uitlezing
  LCD, bar/dot
- aantal elementen
  18
- principe
  vierkantgolfsturing
- schaalindeling
  lineair
- LCD-stroom
  0,4 mA max.
- ingangsspanning
  U_B max.
- ingangsstroom
  1 μA typisch
- referentiespanningen
  REF_{Lo}: vrij beschikbaar
  REF_{Hi}: vrij beschikbaar
- minimaal verschil tussen referenties
  3,0 V typisch
- tolerantie op drempels
  ±50 mV

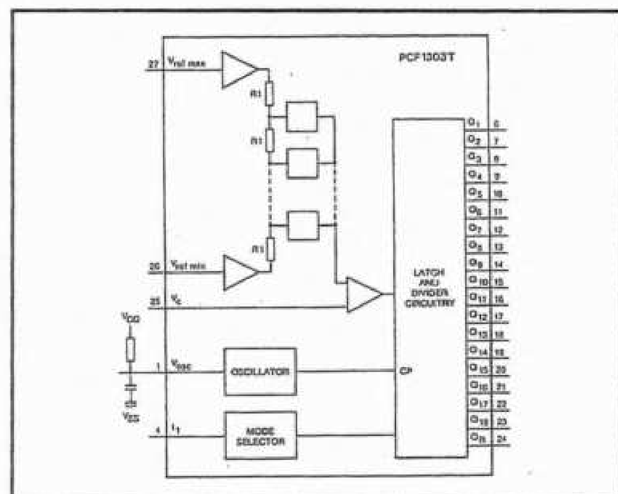
7.22 PCF1303, besturing voor 18 dot LCD bar-display



Figuur 7/22-3: Standaard schakeling rond de PCF1303.



Figuur 7/22-1: Aansluitgegevens van de PCF1303.



Figuur 7/22-2: Intern blokschema van de PCF1303.

- frequentie oscillator 100 Hz typisch
- DC-component over LCD-segment 25 mV max.
- mode-besturing
  pen 4 aan voeding: bar
  pen 4 aan massa: dot

Voorbeeldschakeling

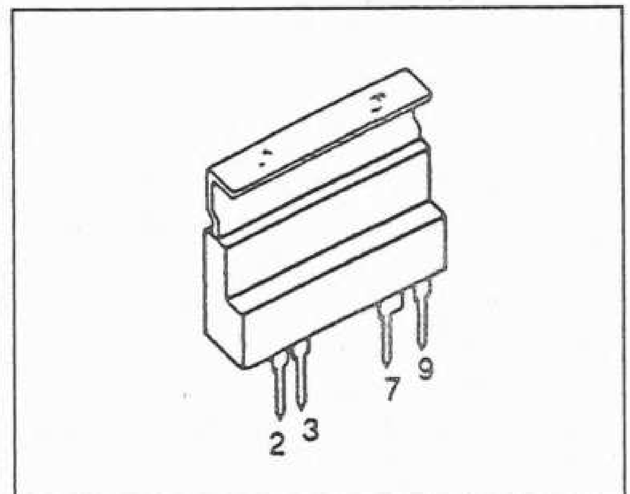
In figuur 7/22-3 is de standaard schakeling rond de PCF1303 voorgesteld. De twee referentiespanningen worden afgeleid uit de weerstandsdeler tussen de voeding en de massa.

7/23

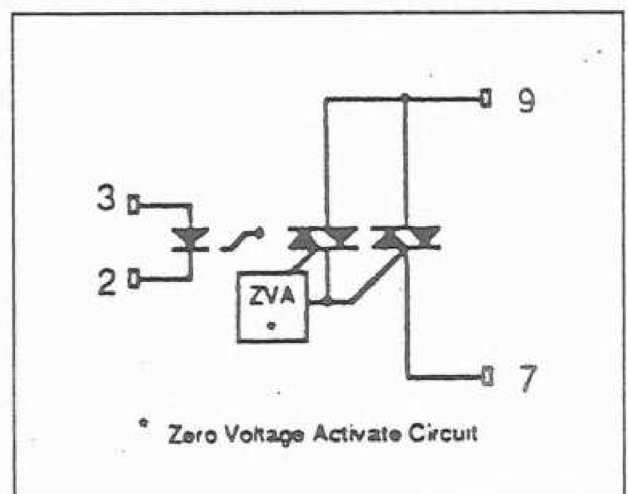
MOC2A40, optisch geïsoleerde zero-crossing triac

Kennismaking
De MOC2A40 is een optisch gekoppelde isolator met een GaAs infrarood emitterende diode als ingang en een lichtgevoelige triac-driver met nuldoorgangs-detector (zero-crossing) en een 2 A vermogens triac als uitgang.
Met deze triac kunnen belastingen op lijnspanningen tussen 20 en 140 V_{ac} direct worden aangestuurd op de nuldoorgang van de voedingswisselspanning. Voor hogere voedingsspanningen kan de interne triac worden gebruikt voor het triggeren van een externe soortgenoot.
De schakeling is opgenomen in een 9-pens plastic single-in-line behuizing met koellichaam (4 pennen gebruikt).

Technische gegevens
- fabrikant
  Motorola
- behuizing
  figuur 7/23-1
- intern blokschema
  figuur 7/23-2
- isolatie primair/secundair
  3750 V_{ac}
- aan/uit schakelen
  absoluut bij 0 V van de voeding, zie figuur 7/23-3
- sperspanning triac
  400 V max.
- triacstroom
  60 A piek, 2 A continu
- statische $\Delta U/\Delta t$
  400 V/µs

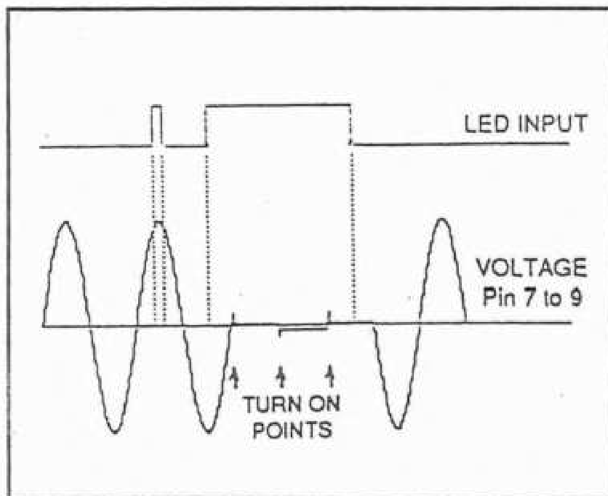


Figuur 7/23-1: Behuizing van de MOC2A40.



Figuur 7/23-2: Intern blokschema van de MOC2A40.

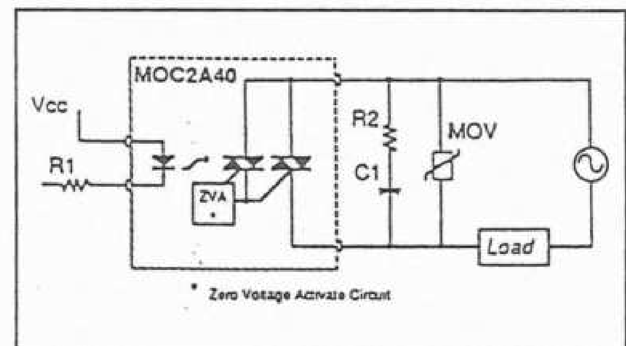
7.23 MOC2A40, optisch geïsoleerde zero-crossing triac



Figuur 7/23-3: Het schakelen van de belasting op de nuldoorgang van de voedingsspanning.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/23-4 is de standaard schakeling rond deze optische koppelaar gegeven. R2 (30 Ω) en C1 (10 nF) zijn alleen noodzakelijk als de belasting inductief is, bijvoorbeeld een relais of een motor. MOV is alleen noodzakelijk als spanningsspikes die groter zijn dan 400 V worden verwacht.



Figuur 7/23-4: De standaard schakeling rond de MOC2A40.

7/24

HV1516, achtpolige digitaal bestuurbare omschakelaar

Kennismaking

De HV1516 is een achtpolige enkelvoudige omschakelaar (een ingang, acht uitgangen) die gestuurd wordt uit drie binaire BCD-gecodeerde ingangen A, B en C, die via een drie-naar-acht decoder acht latches aansturen. De decoder heeft twee Chip-Select ingangen $\overline{CS1}$ en $\overline{CS2}$. De latches worden aangestuurd door een $\overline{CL}$- (Clear Latches) en een $\overline{LE}$-signaal (Latch Enable).

De schakeling combineert hoge spanning DMOS-technologie voor de elektronische schakelaars met CMOS-technologie voor de logische besturing. De DMOS-technologie kan 130 V schakelen!

De schakelaars zijn normaal open (NO). Het IC kan gevoed worden uit symmetrische spanningen tot ±80 V en kan analoge spanningen binnen deze grenzen ±15 V schakelen. De ingangen zijn CMOS-compatible.

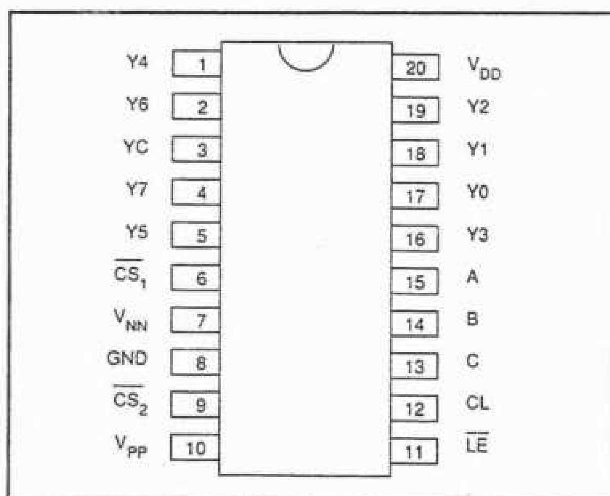
Technische gegevens

- fabrikant
  Supertex Inc.
- behuizing
  DIL-20
- aansluitgegevens
  figuur 7/24-1
- intern blokschema
  figuur 7/24-2
- waarheidstabel
  figuur 7/24-3
- voedingsspanningen
  positief analoog:
  +90 V max., +80 V aanbevolen
  negatief analoog:
  -90 V min., -80 V aanbevolen
  positief digitaal:
  +7 V max., +5 V aanbevolen
- voedingsstromen
  positief: +1,6 mA max.
  negatief: -1,6 mA max.
  digitaal: 4 mA typisch
- schakelaar spanning
  V_{NN}+15 V tot V_{PP}-15 V max.
- schakelaar piekstroom
  ±1,5 A max.
- weerstand AAN-schakelaar
  60 Ω max., 25 Ω min.
- afwijking AAN-weerstanden
  10 % typisch
- lekstroom UIT-schakelaar
  150 pA max.
- inschakeltijd
  5,0 µs max., 2,5 µs typisch
- uitschakeltijd
  10 µs max., 5,0 µs typisch
- isolatie tussen schakelaars
  -45 dB typisch
- overspraak
  -45 dB typisch
- capaciteit schakelaars
  4,5 pF typisch
- capaciteit logische ingangen
  3,5 pF typisch

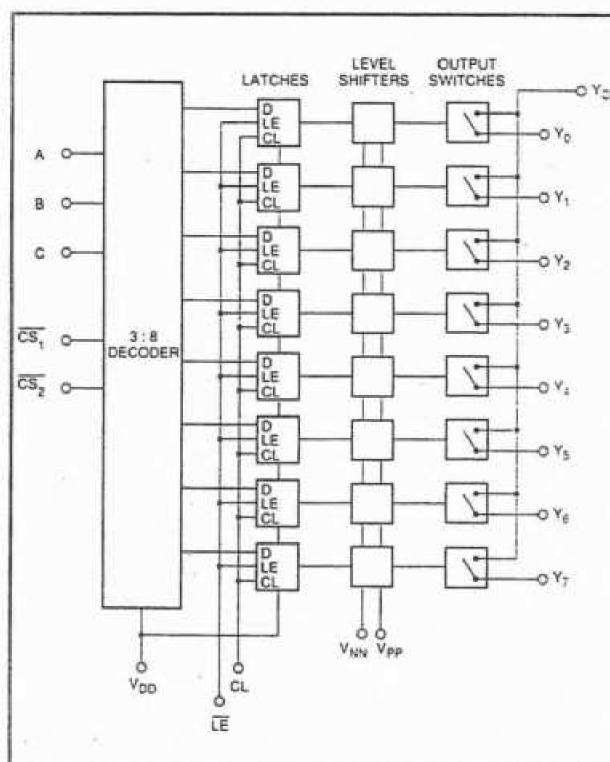
7.24 HV1516, achtpolige digitaal bestuurbare omschakelaar

C	B	A	CS_1	CS_2	LE	CL	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
L	L	L	L	L	L	L	ON							
L	L	H	L	L	L	L		ON						
L	H	L	L	L	L	L			ON					
L	H	H	L	L	L	L				ON				
H	L	L	L	L	L	L					ON			
H	L	H	L	L	L	L						ON		
H	H	L	L	L	L	L							ON	
H	H	H	L	L	L	L								ON
X	X	X	H	X	L	L	ALL OUTPUTS OFF							
X	X	X	X	H	L	L	ALL OUTPUTS OFF							
X	X	X	X	X	X	L	ALL OUTPUTS OFF							
X	X	X	X	X	H	L	HOLDS PREVIOUS STATE							

Figuur 7/24-3: Waarheidstabel van de HV1516.



Figuur 7/24-1: Aansluitgegevens van de HV1516.



Figuur 7/24-2: Intern blokschema van de HV1516.

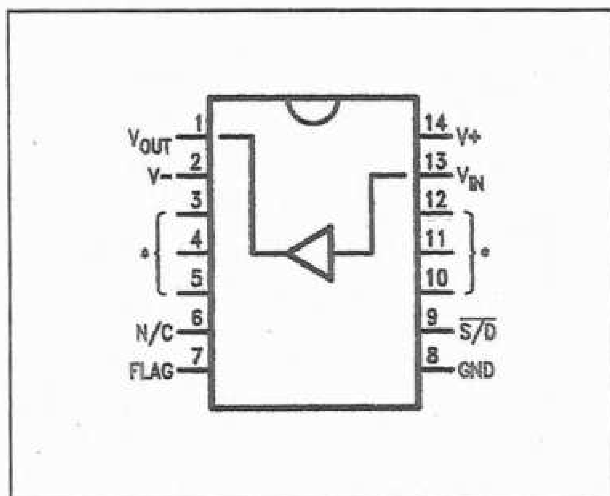
7/25

LM6325, breedband buffer, 50 MHz, 300 mA

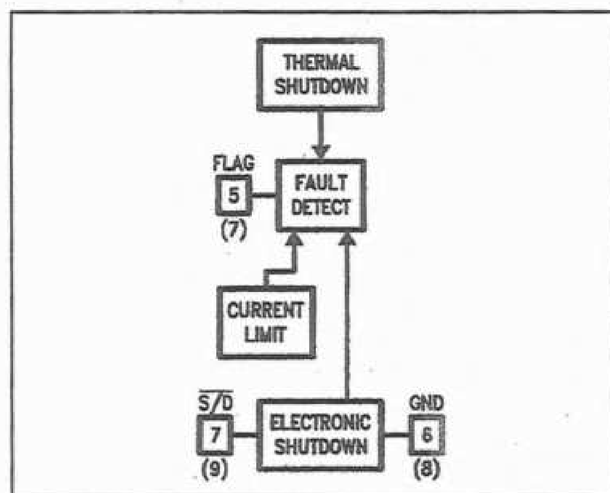
Kennismaking
De LM6325 is een closed-loop (eenheidsversterker) spanningsbuffer met een typische -3 dB bandbreedte van 50 MHz bij een signaal van ±100 $mV_{top\text{-}tot\text{-}top}$ en een stijgtijd van typisch 7,0 ns tot 0,2 %.
Het IC kan een uitgangsstroom leveren van ±300 mA is heeft heel weinig neiging om te oscilleren, zelfs bij zware capacitieve belastingen. Het ontwerp is geperfectioneerd voor het aansturen van 50 Ω lijnen. De schakeling is voorzien van een stroombeveiliging en een thermische begrenzing. Via een FLAG-uitgang wordt een signaal gegenereerd als de chip overbelast wordt. Bovendien is een pen $S/\overline{D}$ aanwezig, waarmee de chip elektronisch naar shut-down kan worden gestuurd.
Hoewel de chip is ontworpen voor symmetrische voeding kan de LM6325 ook ingezet worden in TTL-schakelingen met enkelvoudige +5 V voeding.

Technische gegevens
- fabrikant
  NatSemi
- behuizing
  DIL-14
- aansluitgegevens
  figuur 7/25-1
- intern blokschema
  figuur 7/25-2
- schema buffer
  figuur 7/25-3
- voedingsspanningen
  ±15 V aanbevolen, ±18 V max., +5 V min.
- voedingsstromen
  ±15 mA typisch
- spanningsversterking
  0,970 typisch bij 1 kΩ en ±10 V uitgang
  0,850 typisch bij 50 Ω en ±10 V uitgang
  0,750 typisch bij 50 Ω en +5 V voeding
- offset spanning
  15 mV typisch, 50 mV max.
- bias stroom
  1 µA typisch, 5 µA max.
- ingangsweerstand
  5 MΩ typisch
- ingangscapaciteit
  3,5 pF typisch
- uitgangsimpedantie
  3 Ω typisch, 5 Ω max.
- uitgangsspanning
  ±13,2 V typisch bij 1 kΩ
  ±11,0 V bij 100 Ω
  ±10,0 V bij 50 Ω
  +1,6 V bij +5 V voeding en 50 Ω
- voedingsrejectie
  70 dB typisch, 60 dB min.
- slew rate
  1200 V/µs bij 1 kΩ en ±11 V
  550 V/µs bij 50 Ω en ±11 V
  30 V/µs bij 50 Ω en 2 V ingangsspanning
- bandbreedte
  50 MHz typisch bij 50 Ω en ±100 mV ingang

7.25 LM6325, breedband buffer, 50 MHz, 300 mA

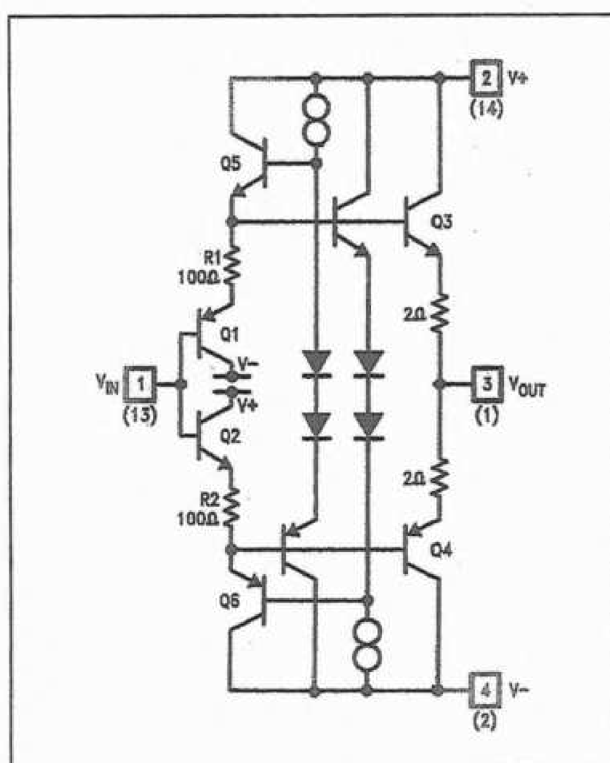


Figuur 7/25-1: Aansluitgegevens van de LM6325.



Figuur 7/25-2: Intern blokschema van de LM6325.

- stijgtijd
  8,0 ns typisch bij 50 Ω, 10 pF en 100 mV
- daaltijd
  8,0 ns typisch bij 50 Ω, 10 pF en 100 mV
- propagation delay
  4,0 ns typisch bij 50 Ω, 10 pF en 100 mV
- overshoot
  10 % typisch bij 50 Ω, 10 pF en 100 mV
- FLAG-pen spanningen
  "L" = 400 mV max.
- shut-down spanning
  1,4 V typisch
- feedthrough in shut-down
  -50 dB typisch
- uitgangscapaciteit in shut-down
  30 pF typisch
- shut-down responstijd
  700 ns typisch



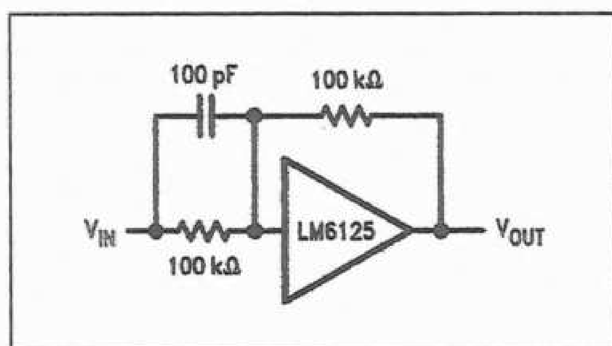
Figuur 7/25-3: Het schema van de uitgangstrap in de LM6325.

Overspanningsbeveiliging

De LM6325 kan een maximaal spanningsverschil van 7 V weerstaan tussen de in- en de uitgang. Overschrijden van deze limiet heeft destructie van de chip tot gevolg. In toepassingen waar deze voorwaarde niet absoluut vervuld kan worden, wordt aanbevolen externe componenten aan te brengen volgens het schema van figuur 7/25-4. Vanwege de hoge ingangsimpedantie van de buffer hebben deze onderdelen geen merkbare degeneratie van de

7.25 LM6325, breedband buffer, 50 MHz, 300 mA

specificaties tot gevolg. Dit netwerk biedt bescherming tot spanningsverschillen van ±15 V tussen de pennen.



Figuur 7/25-4: Een beveiligingsnetwerk dat de LM6325 beschermt tegen te grote spanningsverschillen tussen de pennen.

FLAG-uitgang

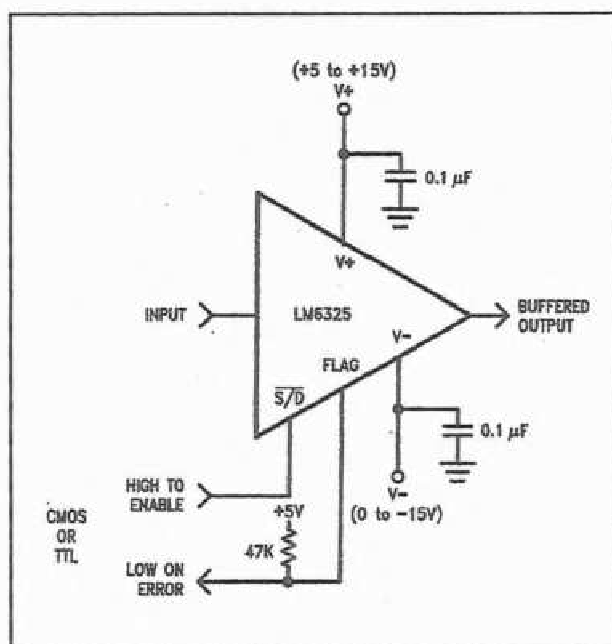
Deze uitgang heeft een open-collector structuur die een externe pull-up weerstand naar de positieve voeding nodig heeft. De transistor spert (FLAG = "H") als de chip normaal werkt en gaat geleiden (FLAG = "L") als de interne beveiligingen inschakelen of als de chip extern in shutdown wordt geschakeld.

De S/D-pen

Deze pen zet de chip in shut-down als er een "L" wordt op aangesloten. Maakt men geen gebruik van deze functie, dan moet deze pen met de positieve voedingsspanning verbonden worden.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/25-5 is de standaard schakeling rond de LM6325 getekend.



Figuur 7/25-5: Standaard schakeling rond de LM6325.

7.25 LM6325, breedband buffer, 50 MHz, 300 mA

7/26

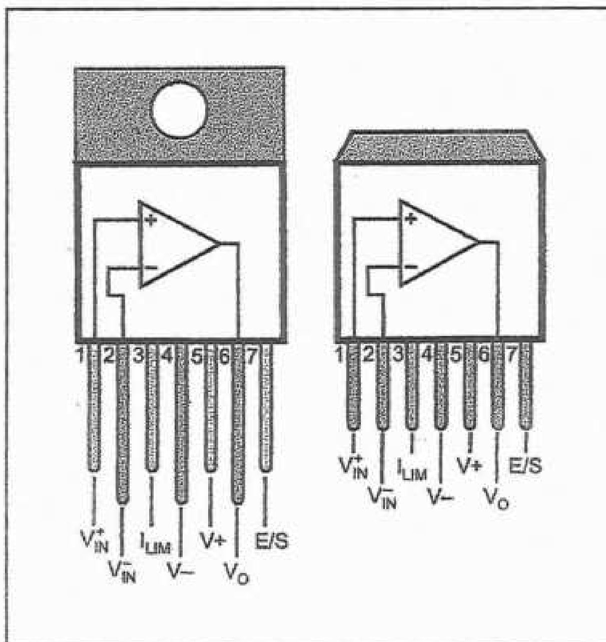
OPA548, power op-amp, 50 W, 1,0 MHz

Kennismaking
De OPA548 is een operationele versterker die een uitgangsvermogen van 50 W levert bij een versterking-bandbreedte product van 1,0 MHz. Dat komt neer op uitgangsstromen van maximaal ±3 A continu en ±5 A piek uit voedingsspanningen van maximaal ±30 V.
De maximale uitgangsstroom wordt beperkt zonder dat er een sensorweerstand in de uitgang moet worden opgenomen. De chip meet de geleverde stroom namelijk op een indirecte manier. Deze stroombegrenzing is instelbaar op iedere waarde tussen 0 mA en 5 A door een stuurstroom L_{LIM} uit de gelijknamige pen te trekken. Deze stuurstroom heeft een waarde tussen 0 µA en 333 µA.
Verder heeft de OPA548 een E/S-pen die een dubbele functie heeft. Via een stuursignaal op deze pen kan men de chip naar een disable-status sturen, waarbij de belasting wordt losgekoppeld van de uitgang en de chip een zeer lage ruststroom opneemt. Op de tweede plaats geeft deze pen aan dat de thermische beveiliging is ingeschakeld.
Deze vermogen op-amp is ook leverbaar in SMA-behuizing.

Technische gegevens
- fabrikant
  Burr-Brown
- behuizing
  7-pens TO-220, 7-pens SMA
- aansluitgegevens
  figuur 7/26-1
- voedingsspanning
  ±4,0 V min., ±30,0 V max.
- voedingsstroom zonder ingangsspanning
  ±17 mA typisch, ±20 mA max.
- shut-down stroom
  ±6 mA typisch
- offsetspanning ingang
  2 mV typisch, 10 mV max.
- biasstroom ingang
  100 nA typisch, 500 nA max.
- offsetstroom ingang
  5 nA typisch, 50 nA max.
- ingangsimpedantie
  10^7 Ω typisch
- ingangscapaciteit
  6 pF typisch
- ingangsspanning
  voedingsspanningen ±3,0 V typisch
- common mode rejection
  95 dB typisch, 80 dB min.
- spanningsversterking
  bij 1 kΩ: 98 dB typisch, 90 dB min.
- vermogensdissipatie
  50 W max.
- thermische weerstand
  2,0 °C typisch
- uitgangsstroom
  ±3,0 A typisch continu
- kortsluitstroom
  0 A tot ±5,0 A instelbaar

7.26 OPA548, power op-amp, 50 W, 1,0 MHz

- uitgangsspanning
  bij 3 A: voedingsspanningen ±4,1 V typisch
- versterking-bandbreedte product
  bij 8 Ω: 1,0 MHz
- slew-rate
  bij 8 Ω en 50 V: 10,0 V/µs typisch
- settling tijd
  bij 50 V: 15 µs typisch
- E/S-pen
  hoog: +2,4 V min.
  laag: V: + 0,8 V max.
- disable tijd
  1 µs typisch
- enable tijd
  3 µs typisch
- totale harmonische vervorming
  bij 10 W en 1 kHz in 8 Ω: 0,02 % typisch

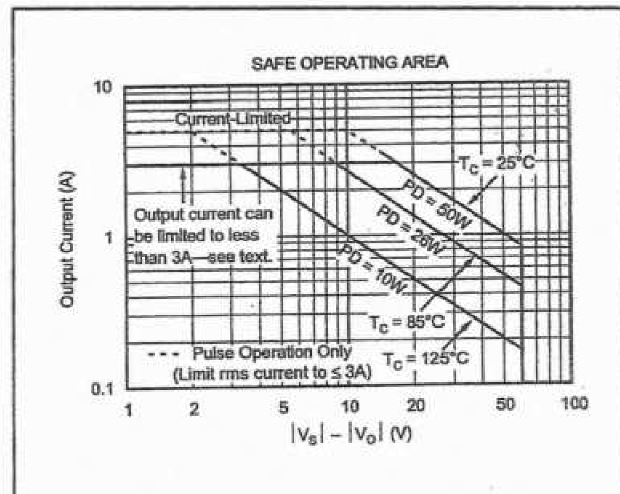


Figuur 7/26-1: Aansluitgegevens van de OPA548.

Safe operation area (SOA)

Zoals bekend wordt de safe operation area beperkt door de spanning over en de stroom door de eindtransistoren.

In figuur 7/26-2 is het verband tussen deze twee grootheden getekend, met daarin aangegeven het veilige werkingsgebied.



Figuur 7/26-2: Het SOA-gebied van de eindtransistoren in de OPA548.

Stroombegrenzing

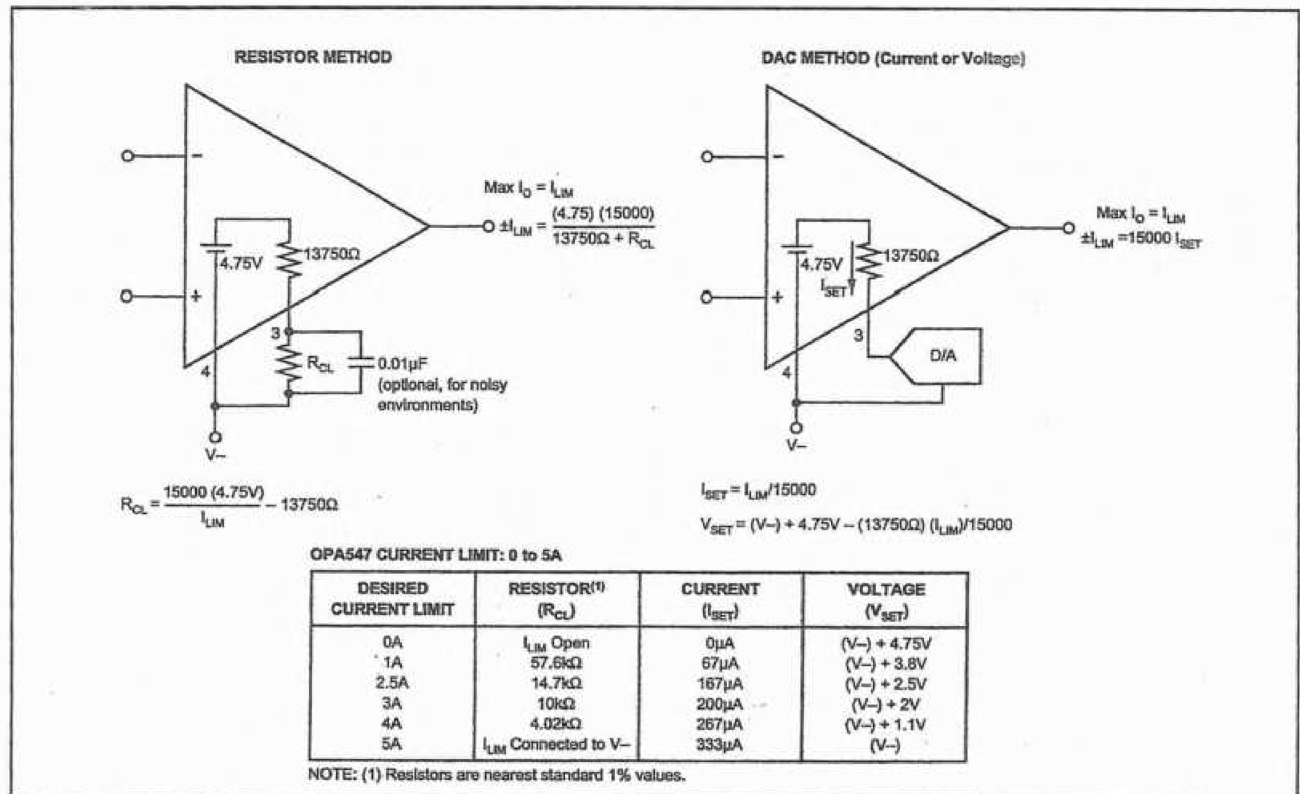
De stroom die de OPA548 levert kan gemakkelijk gecontroleerd worden via de pen I_{LIM}. De eenvoudigste manier is door een potentiometer R_{CL} aan te sluiten tussen de V- en de pen I_{LIM}. De stroom die via deze potentiometer uit deze pen vloeit moet dan instelbaar zijn tussen 0 µA en 333 µA. De maximale uitgangsstroom is dan instelbaar tussen 0 mA en 5 A. De waarde van de begrenzingsstroom wordt gegeven door de formule:

$$R_{CL} = [(15000)*(4{,}75\ V)/I_{LIM}] - 13750\ \Omega$$

In figuur 7/26-3 zijn twee opties getekend om de maximale stroom in te stellen. In het linker schema wordt gebruik gemaakt van een weerstand R_{CL}. In het rechter schema wordt pen 3 gestuurd uit de uitgang van een DAC met stroomuitgang.

In de tabel in dezelfde figuur is een aantal waarden gegeven voor de weerstand respectievelijk de uitgangsstroom die door de DAC wordt opgenomen.

7.26 OPA548, power op-amp, 50 W, 1,0 MHz



OPA547 CURRENT LIMIT: 0 to 5A

DESIRED CURRENT LIMIT	RESISTOR[1] (R_{CL})	CURRENT (I_{SET})	VOLTAGE (V_{SET})
0A	I_{LIM} Open	0µA	(V–) + 4.75V
1A	57.6kΩ	67µA	(V–) + 3.8V
2.5A	14.7kΩ	167µA	(V–) + 2.5V
3A	10kΩ	200µA	(V–) + 2V
4A	4.02kΩ	267µA	(V–) + 1.1V
5A	I_{LIM} Connected to V–	333µA	(V–)

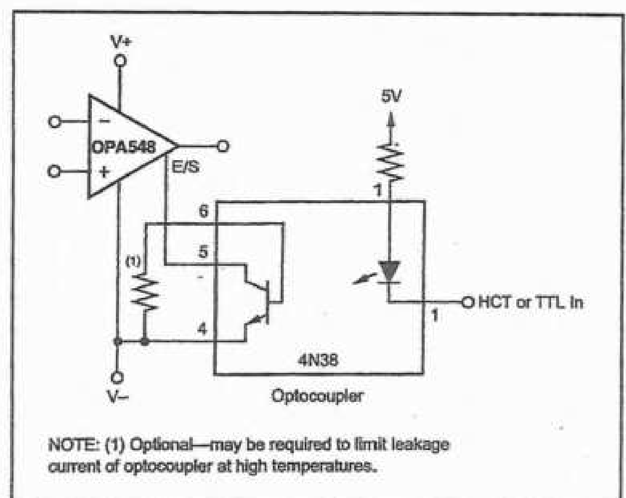
NOTE: (1) Resistors are nearest standard 1% values.

Figuur 7/26-3: Twee methoden voor het instellen van de maximale uitgangsstroom van de OPA548.

Shut-down

De OPA548 kan op een eenvoudige manier digitaal naar shut-down worden gestuurd via de pen E/S. De spanning op deze pen moet dan naar een spanning getrokken worden, die maximaal 0,8 V boven de negatieve voeding mag liggen. In deze status wordt de belasting losgekoppeld van de eindtrap en kan men dus de chip in een soort "tri-state"-status beschouwen. Dit geldt echter alleen voor frequenties lager dan 20 kHz. Bij hogere frequenties is er sprake van enige capacitieve lek naar de uitgang.

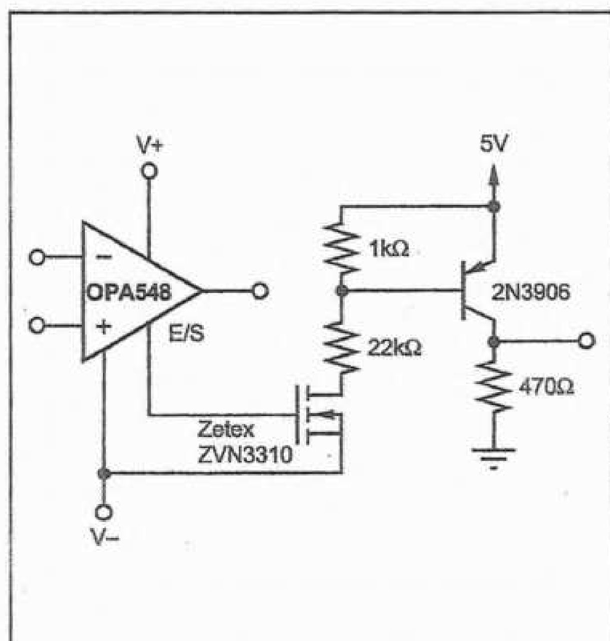
In figuur 7/26-4 is een schema getekend waaruit blijkt hoe men het lage niveau op de E/S-pen kan besturen uit een standaard TTL-signaal. Er wordt gebruik gemaakt van een standaard optische koppelaar, die zorgt voor een effectieve niveau-omzetting.



Figuur 7/26-4: Het via een TTL-signaal naar shut-down sturen van de OPA548.

In figuur 7/26-5 is een systeem getekend, waarmee de E/S-pen wordt uitgelezen. Als de schakeling naar shut-down gaat,

hetgeen gebeurt bij een temperatuur van ongeveer +160 °C, dan gaat de pen naar een spanning die maximaal 350 mV positiever is dan de negatieve voedingsspanning. Deze spanning wordt via een MOSFET en een PNP-transistor omgezet in een TTL-compatibel signaal.



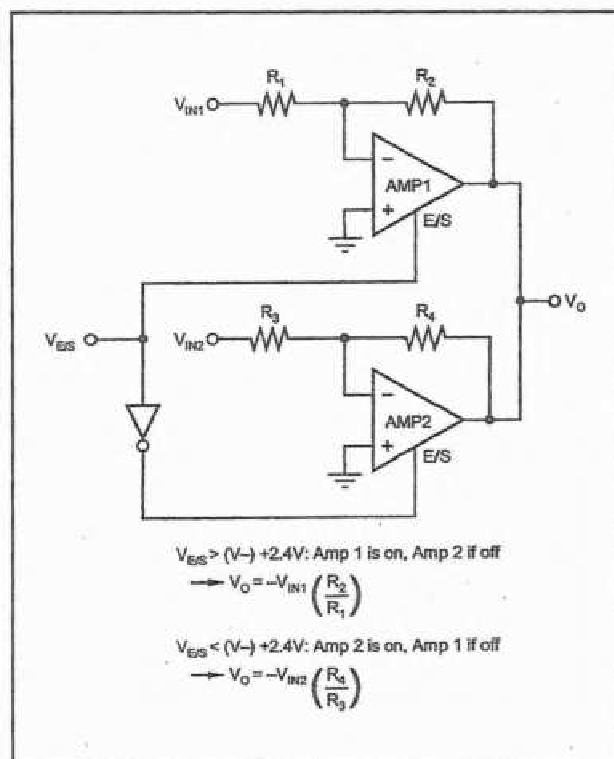
Figuur 7/26-5: Het uitlezen van de shut-down status van de OPA548.

Multiplexing

Dank zij de shut-down functie kan men twee OPA548 schakelingen opnemen in een multiplexer. Het schema is getekend in figuur 7/26-6. Deze schakeling is alleen bruikbaar als de versterkers unipolair met een positieve spanning gevoed worden en de negatieve voedingspen dus aan de massa ligt.

Voorbeeldschakeling

In figuur 7/26-7 is de meest eenvoudige externe schakeling rond een OPA548 getekend. De in totaal vijf ontkoppelcondensatoren moeten zo dicht mogelijk bij de voedingspennen van het IC worden gemonteerd. De condensator (2) moet rechtstreeks tussen de positieve en negatieve voedingspen gesoldeerd worden. Als men de pen I_{LIM} verbindt met de negatieve voeding is de stroombegrenzing ingesteld op de maximale waarde van 5 A.



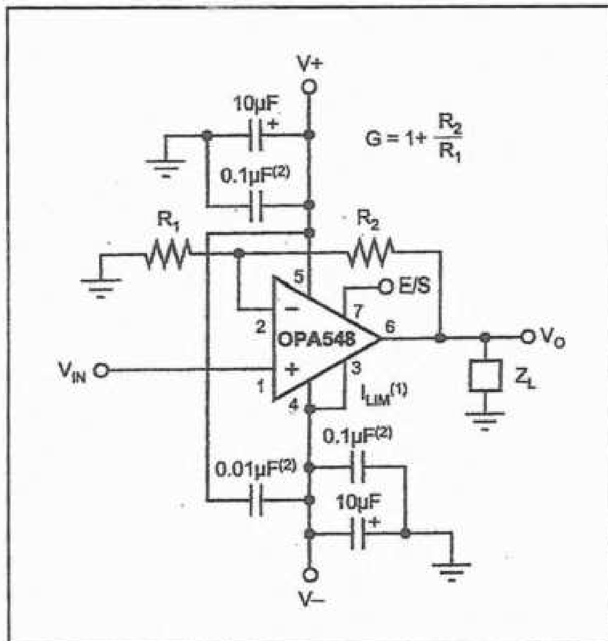
Figuur 7/26-6: Het multiplexen van twee unipolair gevoede op-amp's.

Koeling van de SMD-uitvoering

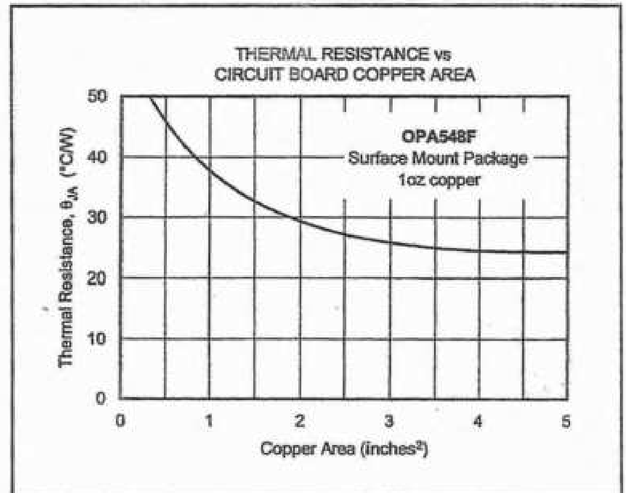
De SMD-uitvoering van de OPA548 moet gesoldeerd worden op een koperoppervlak op de print. De thermische beveiliging gaat werken bij een chip-temperatuur van ongeveer 160 °C, zodat rekening houdende met de externe temperatuur de chip-temperatuur nooit met meer dan 125 °C mag stijgen door het gedissipeerde vermogen.

Uit de grafiek van figuur 7/26-8 kan men het noodzakelijke oppervlak van de koperen koelplaat afleiden.

7.26 OPA548, power op-amp, 50 W, 1,0 MHz



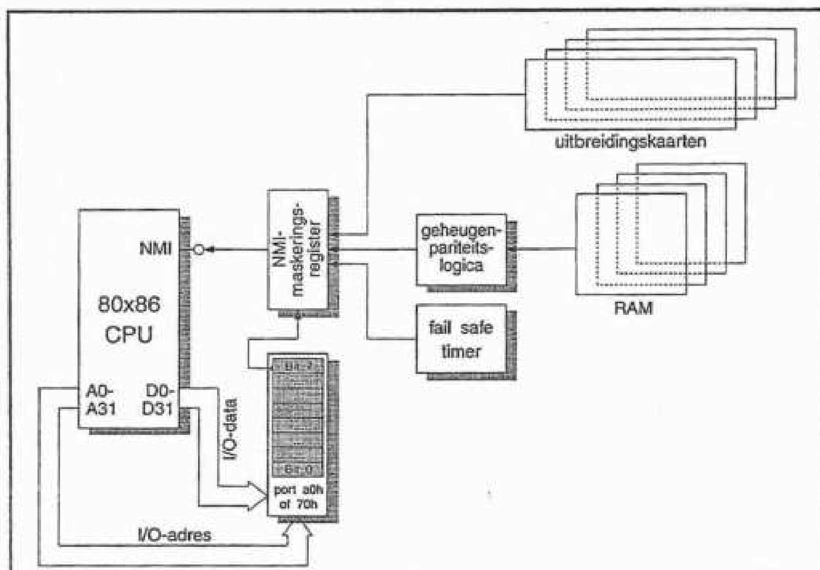
Figuur 7/26-7: Het standaardschema rond de OPA548.



Figuur 7/26-8: Het voor de SMD-uitvoering van de OPA548 noodzakelijk koeloppervlak op de print.

7.26 OPA548, power op-amp, 50 W, 1,0 MHz

requests wordt een NMI niet via de 8259A of andere perifere schakeling afgehandeld, maar direct via de NMI-pen aan de processor doorgegeven. Een hoog signaal op deze pen veroorzaakt een interrupt 2 zodra de huidige machine-opdracht is voltooid. Een NMI kan niet worden gemaskeerd door het CLI of door het IMP in de PIC (bijvoorbeeld de 8259A). De NMI-interrupt dringt altijd voor en heeft de hoogste prioriteit van alle hardware-interrupts.
In een PC wordt een NMI bijvoorbeeld afgegeven door de pariteitscontrole van de geheugenbesturing.
Zodra deze module een pariteitsfout vaststelt bij het lezen van een byte in het werkgeheugen, wordt het NMI-signaal hoog. Op het beeldscherm verschijnt een melding over de pariteitsfout.
Sommige PC's hebben een tweede timer-chip, de fail-safe timer, die periodiek een NMI genereert om te verhinderen dat de computer zich ophangt bij gemaskeerde IRQ's. Iedere PC heeft een NMI-maskeringsregister om een NMI tijdens de initialisering te verhinderen. In figuur 10-718 is het signaalpad van uitbreidingskaarten, pariteitsmodule en fial-safe timer naar de processor via het NMI-register getekend. Dit werd bij de oude PC/XT aangestuurd via bit 7 van poort $A0_h$, vanaf de AT via bit 7 van poort 70_h.
Als het bit op 1 staat, wordt de NMI gemaskeerd, anders kan de hardware een NMI afgeven. Echter, vanaf de AT staat op adres 70_h ook het adresregister voor het CMOS-RAM en de real-time klok. Als men het NMI maskeringsbit wil wijzigen moet men eerst de poort lezen, bit 7 instellen en vervolgens het byte met de ongewijzigde



Figuur 10-718: NMI.

bits 0 t/m 6 weer terugschrijven.

NMOS Letterwoord voor "N-channel Metal Oxide Semiconductor". Een soort MOSFET waarbij elektronen de dominante ladingsdragers zijn. Het kanaal is van het N-type. NMOS-halfgeleiders hebben een veel hogere schakelsnelheid dan PMOS, omdat de beweeglijkheid van de kleine vrije elektronen veel groter is dan die van de veel grotere en zwaardere gaten in PMOS.

NMR scan Letterwoord voor "Nuclear Magnetic Resonance". Als men een sterk magnetisch veld aanlegt over atoomkernen en men deze kernen bovendien in een sterk zeer hoogfrequent magnetisch veld brengt, dan zal er een resonantie-effect ontstaan, waarbij er energie-uitwisseling plaats vindt tussen het veld en de kernen. Van deze techniek wordt in de medische elektronica gebruik gemaakt voor het maken van scans van weefselstructuren.

NO Letterwoord voor "Normal Open". De afkorting waarmee wordt aangegeven dat een mechanische omschakelaar in de ruststand open staat. Bij een relaiscontact betekent dit dus dat de relaisschakelaar open is als de spoel van het relais niet is bekrachtigd. Het tegengestelde is "NC", Normal Closed.

Node In het algemeen een punt in een schakeling, waarop géén spanning staat of waardoor géén stroom loopt.

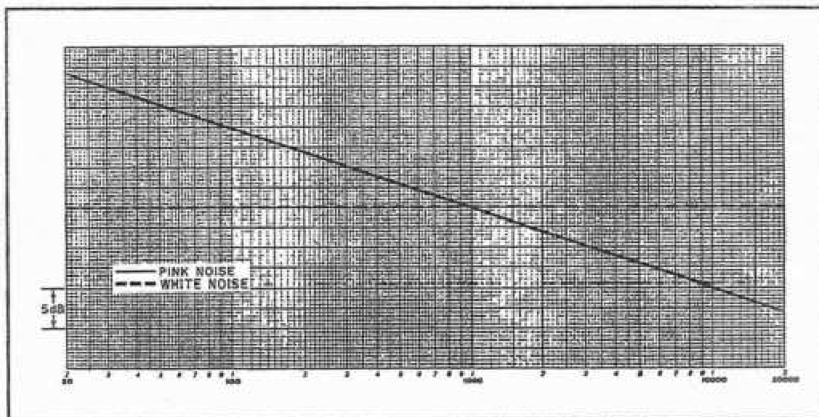
Nodon gelijkrichter Een elektrolytisch werkende hoogspanningsgelijkrichter waarvan de kathode bestaat uit aluminium, de anode uit lood en het elektroliet een oplossing van ammoniumfosfaat is.

Noise Engels voor "ruis". Ruis is een fundamenteel verschijnsel in de elektronica. Ruis is een volledig statistisch verschijnsel. Dit wil zeggen dat het absoluut onmogelijk is om te voorspellen hoe groot een ruissignaal op een bepaald moment zal zijn. Ruis wordt namelijk voornamelijk opgewekt door niet te voorspellen bewegingen van de elektronen in atomen. Atomen trillen onder invloed van hun temperatuur,

de zogenaamde "Brownse beweging". Door dit trillen zullen atomen met elkaar in botsing komen. Als de botsingsenergie groot genoeg is zullen sommige atomen een of meerdere elektronen kwijt raken. Omdat zo'n incompleet atoom in een niet-stabiele toestand verkeert, zullen de losgeslagen elektronen zo spoedig mogelijk hun plaats in het atoom weer opzoeken. Maar voor het zover is vertegenwoordigen zij een vrije elektrische negatieve lading. Die lading uit zich onder de vorm van potentiaalverschillen, die weer de basis zijn van zeer kleine spanningen. Omdat het absoluut onmogelijk is te voorspellen wanneer een atoom een elektron verliest en wanneer dat elektron weer de veilige haven van het atoom opzoekt, is dus ook de grootte van het ruissignaal niet te berekenen. Het enige dat men met stelligheid kan beweren is dat deze elektronen bepaalde bewegingen maken, maar hoe en wanneer is niet te voorspellen.

Wel kan men, dank zij de wetten van de statistische wiskunde, de globale eigenschappen van ruis op lange termijn beschrijven. Als men bijvoorbeeld een bepaald ruissignaal gedurende een zeer lange tijd met een frequentie-analysator bestudeert, dan kan men er zeker van zijn dat er een rechte lijn op het scherm verschijnt. Men zegt dan dat een dergelijke ruis een ***"constante spectrale vermogensdistributie"*** heeft of, wat begrijpelijker uitgedrukt, dat alle frequenties in even sterke mate in het signaal aanwezig zijn.

Een ruissignaal dat een constante spectrale vermogensdistributie bezit noemt men ***witte ruis.*** Grafisch kan men de



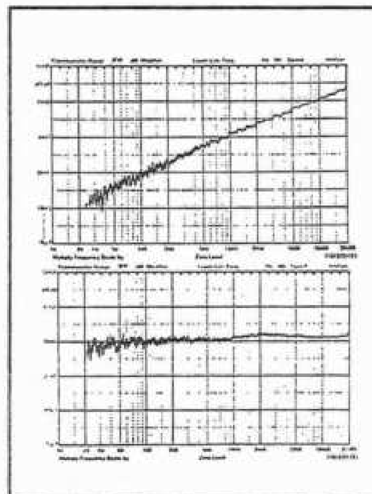
Figuur 10-719: Noise (1).

bandbreedte van witte ruis voorstellen door een horizontale lijn in een amplitude/frequentie-diagram, zie de gestippelde lijn in figuur 10-719.

Een dergelijk signaal is uiteraard een ideaal hulpmiddel voor het bestuderen van de acoustische eigenschappen van allerlei systemen. Maakt men witte ruis door middel van een zeer goede versterker en een luidspreker met een zeer vlakke frequentiekarakteristiek hoorbaar in een zaal, dan kan men door dit geluid ergens in de zaal met een geijkte meetmicrofoon op te vangen en nadien dit signaal met een frequentie-analysator te ontleden, zeer veel acoustische eigenschappen van de zaal te weten komen. Zit er in het opgenomen frequentiespectrum bijvoorbeeld een dip bij 2,2 kHz, dan weet men dat er iets in de zaal aanwezig is dat deze frequentie absorbeert. Ook allerlei laagfrequent apparatuur kan op deze manier op een snelle manier doorgemeten worden. Voert men bijvoorbeeld een ruissignaal door een geluidsversterker, dan zal deze schakeling de in de ruis aanwezige frequenties volgens zijn eigen doorlaatkarakteristiek verzwakken of versterken. Het uitgangssignaal heeft dan een frequentie/amplitude verdeling, die wordt bepaald door de karakteristieken van de versterker. Naast deze meettechnische toepassingen kan men witte ruis ook gebruiken bij experimenteren met geluidsopwekkende schakelingen. Ruis vormt een belangrijk bestanddeel van allerlei geluidseffecten, maar ook van de menselijke stem.

Er zit echter een addertje onder het gras verscholen! Bij dit soort experimenten moet men het ontvangen ruissignaal ontleden in zijn frequentiesamenstelling. Men gebruikt een groot aantal smalbandige banddoorlaat filters om het ruissignaal te ontleden in kleine frequentiebandjes. Het is echter zeer moeilijk banddoorlaat filters te ontwerpen met verschillende centrale frequenties, maar met allemaal dezelfde bandbreedte. Het soort filters dat het eenvoudigst kan worden ontworpen wordt gekenmerkt door een constante kwaliteitsfactor Q. Dit wil zeggen dat de bandbreedte stijgt met de centrale frequentie. Als men een wit ruissignaal analyseert door middel van een bank van constante Q-filters, dan zal men

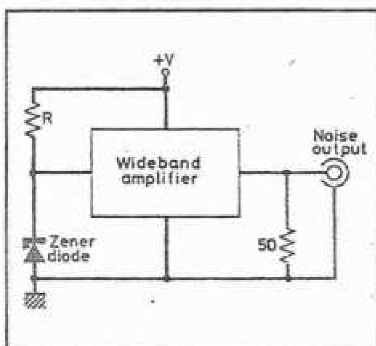
vaststellen dat het uitgangssignaal van de filters groter wordt als de centrale frequentie stijgt. Dat is in feite heel logisch, want hoe hoger de centrale frequentie van het filter, hoe breder de doorlaatband van het filter en hoe meer frequenties uit het ruissignaal worden doorgelaten! Zou men dus witte ruis via dergelijke filters analyseren, dan zou het lijken alsof de amplitude stijgt met de frequentie. Niet bepaald een goede basis voor het verrichten van metingen!
Men kan nu wiskundig berekenen dat een verdubbeling van de centrale frequentie een stijging van de uitgangsspanning met 3 dB tot gevolg heeft. De oplossing van dit schijnbaar onoplosbare probleem volgt dus uit deze eenvoudige wiskundige vaststelling. Men moet het witte ruissignaal door een laagdoorlaat filter sturen met een verzwakking van 3 dB per octaaf! Een octaaf komt immers overeen met de frequentieband tussen een bepaalde frequentie en het dubbele van deze frequentie. Het filter moet dus voor iedere frequentieverdubbeling een verzwakking van 3 dB veroorzaken. Witte ruis, gefilterd door een -3 dB per octaaf filter, noemt men ***rose ruis***. De amplitude/frequentie-karakteristiek van rose ruis is ook getekend in figuur 10-719, met de volle lijn. Rose ruis bevat dus veel meer aandeel van lage frequenties dan van hoge frequenties.
Het normale geluidsspectrum van 20 Hz tot 20,480 kHz omvat tien octaven en dus zal deze hoogste frequentie met 30 dB verzwakt ten opzichte van de laagste frequentie in de rose ruis aanwezig zijn.
Hoe witte en rose ruis er in de praktijk uitzien als zij worden geanalyseerd door een frequentiespectrograaf toont figuur 10-720. In de bovenste grafiek is witte ruis getekend. Duidelijk blijkt hoe, door de stijgende bandbreedte van de filters, de amplitude lineair toeneemt met de frequentie. In de onderste grafiek is de frequentie-analyse van rose ruis getekend. De meetcurve verloopt praktisch lineair, omdat de meetfout die door de stijgende bandbreedte van de filters van de spectrograaf wordt geïntroduceerd door de eigen amplitudekarakteristiek van de ruis wordt gecompenseerd. Uit deze twee grafieken volgt duidelijk dat witte ruis niet geschikt is voor het verrichten van metingen, maar rose ruis wél.



Figuur 10-720: Noise (2).

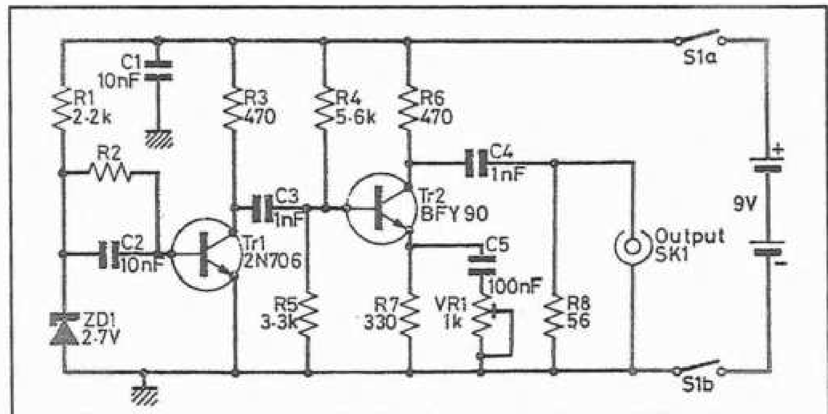
Ruis kan op diverse manieren kunstmatig worden opgewekt. Te denken valt aan een zenerdiode, de basis-emitter overgang van een transistor of een operationele versterker. De meest betrouwbare methode is echter uit te gaan van een digitaal schuifregister met een specifieke sturing van de data-ingang. Er ontstaat dan een schakeling die ***pseudo-random bit sequence generator*** wordt genoemd (PRBS-generator). Uit het digitaal uitgangssignaal van een dergelijk schuifregister kan via filtering zowel witte als rose ruis worden afgeleid. Schakelingen met als basis een zenerdiode, transistor of operationele versterker wekken zogenoemde ***random noise*** op. Hierin zullen alle frequenties in de loop der tijd in gelijke amplitude opdagen, maar er is weinig te zeggen over de tijdsduur die er verstrijkt alvorens bijvoorbeeld alle frequenties tussen 20 Hz en 20 kHz in even grote mate gegenereerd zijn. Het signaal is op korte termijn immers volstrekt onvoorspelbaar. Wil men een dergelijk signaal gebruiken om frequentiespectra op te meten, dan moet men een hele lange meetperiode op de koop toe nemen. Men moet er immers zeker van zijn dat alle frequenties binnen het meetspectrum in ongeveer gelijke mate aanwezig zijn geweest.
Pseude random noise, zoals deze die digitaal gegenereerd wordt, heeft als nadeel dat het niet volledig willekeurig is en dus niet precies aan de definitie van een ruissignaal voldoet. Pseudo random ruis is samengesteld uit een aantal ruispatronen, die zich periodiek herhalen. Dank zij speciale schakeltechnieken kan men er toch voor zorgen dat de afwijkingen van het theoretische ruissignaal minimaal zijn. Een groot voordeel van pseudo random ruis is echter dat de amplitudesamenstelling volstrekt voorspelbaar is. Wil men meten in een frequentiegebied van 20 Hz tot 20 kHz, dan kan men de pseudo random ruis generator zo ontwerpen, dat men er zeker van is dat alle frequenties uit die band binnen één ruispa-

troon in even grote mate in het uitgangssignaal zullen voorkomen. Het volstaat dus de weergave van slechts één ruispatroon te meten om een betrouwbare meting te verrichten. Een tweede groot voordeel van deze pseudo random ruisgeneratoren is dat de metingen volledig reproduceerbaar zijn. Hetgeen wil zeggen dat als men twee metingen verricht op een en hetzelfde apparaat, de meetresultaten volstrekt identiek zullen zijn.
De meest eenvoudige schakeling voor het genereren van ruis is getekend in figuur 10-721. Over een zenerdiode ontstaat, naast de zenerspanning zélf, een kleine breedbandige ruisspanning. In de meeste gevallen wordt deze op alle mogelijke manieren weg gefilterd, als men de zenerdiode als ruisgenerator wil gebruiken is het natuurlijk net die ruis die men nodig heeft. De zenerdiode wordt afgesloten met een breedbandige wisselspanningsversterker, die alleen de kleine ruisspanning over de diode flink versterkt. Op de uitgang van de schakeling verschijnt een ruissignaal, met een spectrale samenstelling die heel erg dicht deze van ideale witte ruis benadert.



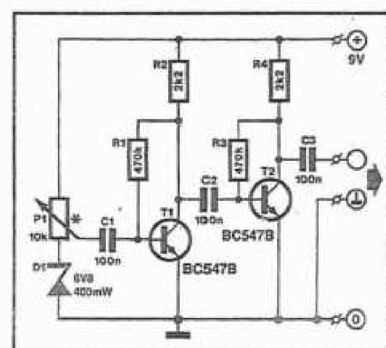
Figuur 10-721: Noise (3).

In figuur 10-722 is een praktische schakeling getekend van een ruisgenerator met een zenerdiode als basis. De zenerdiode van 2,7 V wordt via de weerstand R1 in breakdown ingesteld. De 2,7 V gelijkspanning die over de zenerdiode ontstaat wordt gebruikt om de basis van de eerste transistor via de weerstand R2 in te stellen. Om de volledige ruisspanning aan de basis aan te kunnen bieden, wordt deze weerstand overbrugd door de condensator C2. De twee transistoren vormen een breedband versterker, waarvan de versterking instelbaar is via de instelpotentiometer VR1 is de emitter van de tweede trap. De uitgang wordt belast door de weerstand R8 van 56 Ω. Telt men de invloed van de collectorweerstand van Tr2 hierbij op, dan heeft de schakeling een uitgangsimpedantie van precies 50 Ω, zodat de schakeling in feite kan worden voorgesteld door een ideale ruisbron, in serie met een weerstand van 50 Ω.
De bandbreedte van de uitgangsruis is afhankelijk van de keuze van de transistoren. Met de in het schema ingetekende typen bevat de ruis frequenties tot ongeveer 30 MHz. Vervangt men beide halfgeleiders door echte hoogfrequent typen, dan zal de schakeling frequenties leveren tot ver in het VHF-gebied.



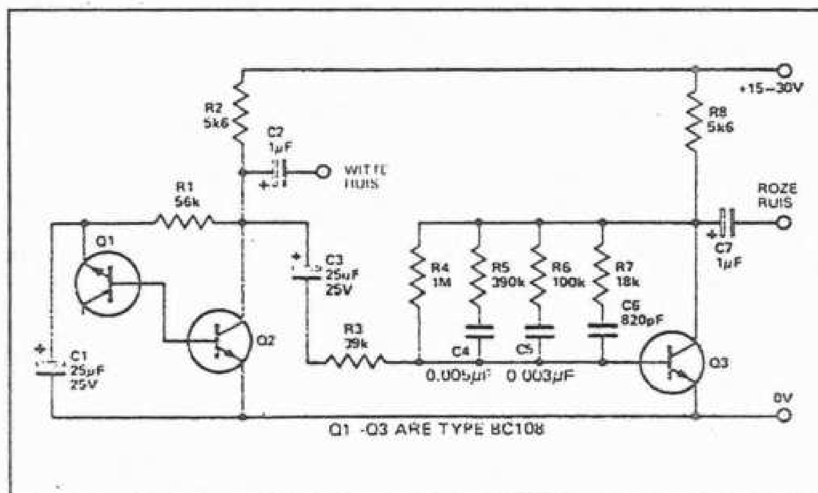
Figuur 10-722: Noise (4).

In figuur 10-723 is een tweede voorbeeld van een breedband witte ruis generator getekend. Deze in "Elektuur" gepubliceerde schakeling levert frequenties tot ongeveer 150 MHz en is dus op de twee meter band nog goed te ontvangen. Nu wordt er gebruik gemaakt van een zenerdiode van 6,8 V, die via een weerstand van 10 kΩ wordt ingesteld uit een voedingsspanning van 9 V. Via de loper van de potentiometer P1 kan men een kleiner of groter deel van de ruisspanning toevoeren aan de ingang van een eenvoudig tweetraps breedband versterkertje.



Figuur 10-723: Noise (5).

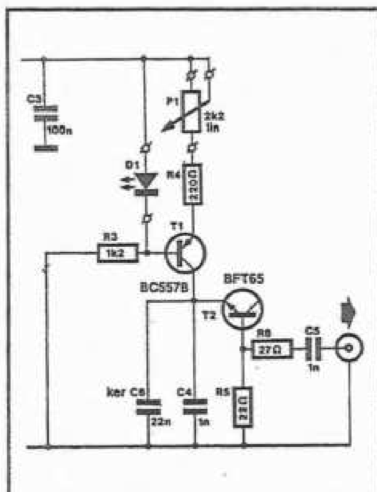
Let op de ongebruikelijke manier waarop deze twee trappen zijn ingesteld. De basisstroom wordt via vrij grote weerstanden betrokken uit de collectorspanning. Deze instelling garandeert een grote mate van stabiliteit. Zou immers de collectorstroom willen stijgen, dan gaat de collectorspanning dalen en zal er minder stroom in de basis gestuurd worden. De transistor gaat minder geleiden en de stijging van de collectorstroom wordt automatisch tegengewerkt.
Ook een transistor kan op een heel eenvoudige manier als noise-generator worden ingezet. De basis-emitter overgang van een transistor wordt meestal in geleiding ingesteld en voert dan een spanning van ongeveer 0,7 V. Als men deze overgang echter invers polariseert, dus emitter positief ten opzichte van de basis, dan gaat deze overgang zich min of meer gedragen als een zenerdiode met een doorslagspanning van ongeveer 7 V tot 9 V. Op deze manier kan men dus een transistor toepassen als fundamenteel onderdeel van een ruisgenerator. Ook nu vertoont het gegenereerde ruisspectrum veel gelijkenis met het spectrum van ideale witte ruis.
In figuur 10-724 is een eenvoudige schakeling getekend, die zowel witte als rose ruis genereert. De basis-emitter overgang van Q1 wordt via de weerstanden R1 en R2 aangesloten op een vrij hoge voedingsspanning van minimaal 15 V. De overgang slaat door en de ruisvormige stroom, die door de junctie loopt wordt rechtstreeks gebruikt als basisstroom van de achtergeschakelde versterker Q2. De speciale manier waarop de twee



Figuur 10-724: Noise (6).

transistoren met elkaar verweven zijn, zorgt voor een bepaalde tegenkoppeling waardoor het geheel vrij temperatuurstabiel is. De witte ruis kan rechtstreeks van de collector van transistor Q2 worden afgetakt. De uitgang van de witte ruis generator gaat naar een eenvoudig filtertje rond transistor Q3. Dit filter moet, zoals reeds geschreven, met 3 dB per octaaf verzwakken. Nu is het helemaal niet zo eenvoudig een filter met dergelijke karakteristieken te ontwerpen. Een passief RC-filter verzwakt immers al met 6 dB per octaaf. De oplossing hiervoor bestaat in het minimaliseren van de invloed van de condensator in het RC-filter. Dat kan door een aantal serieschakelingen van een condensator en een weerstand parallel te schakelen. In principe bestaat het filter uit drie secties (C4, C5, C6) die ieder samenwerken met de algemene filterweerstand R3. De nauwkeurigheid van de 3 dB per octaaf karakteristiek over het volledige frequentiegebied is alleen afhankelijk van het aantal RC-secties dat men toepast en van de zeer nauwkeurige afstemming van de weerstand- en condensatorwaarden. Ondanks de eenvoud van het filter van figuur 10-724 zijn de resultaten meer dan bevredigend te noemen. De grafieken van figuur 10-720 zijn namelijk de testresultaten van deze eerste voorbeeldschakeling.
Een tweede voorbeeldschakeling van een witte ruis generator met als basis een transistor is getekend in figuur 10-725. Deze schakeling werd gepubliceerd in "Elektuur", jaargang 1987, maand april. De schakeling is speciaal bedoeld voor het genereren van zeer breedbandige ruis, die bruikbaar is tot in het UHF-gebied. Het frequentiespectrum van de schakeling loopt tot 1 GHz. Het zal duidelijk zijn dat bij een dergelijke brede band het er op aan komt de ruisbron zo "puur" mogelijk te gebruiken. Vandaar dat de uitgang dan ook rechtstreeks wordt afgetakt over de primaire ruisbron, de transistor T2. De toegepaste BFT65 is een super hoge frequentie transistor. Om toch enige invloed te hebben op de grootte van het ruissignaal wordt de stroom die door de

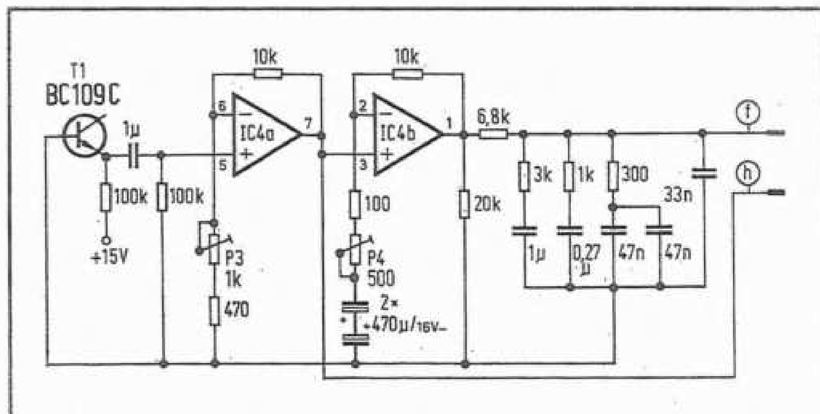
invers ingestelde basis-emitter overgang wordt gestuurd ingesteld door middel van een eenvoudige stroombron.



Figuur 10-725: Noise (7).

Als referentiespanning voor deze stroombron wordt de vrijwel constante spanningsval gebruikt die ontstaat over de geleidende LED D1. Over de serieschakeling van P1 en R4 zal dezelfde spanning ontstaan, zodat men de stroom die door T1 vloeit kan instellen door het verdraaien van de potentiometer P1. De collectorstroom van T1 vloeit rechtstreeks af naar T2. De over de emitterweerstand gegenereerde ruisspanning wordt via de weerstand R6 en de scheidingscondensator C5 aan de uitgang aangeboden. De schakeling kan gevoed worden uit een spanning van +9 V.

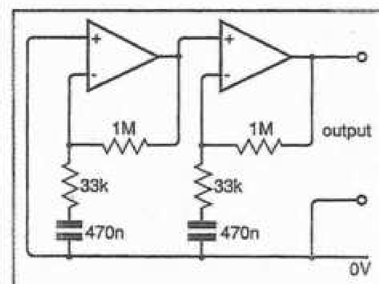
In figuur 10-726 is een derde voorbeeldschakeling getekend van een ruisgenerator met een transistor als ruisbron. De basis-emitter overgang van transistor T1 wordt als ruisbron gebruikt. Via de voorschakelweerstand van 100 kΩ wordt een stroom door de junctie gestuurd, de ruisspanning wordt via de scheidings-



Figuur 10-726: Noise (8).

condensator van 1 µF aangeboden aan de operationele versterker IC4a. Deze versterkt de ruisspanning ongeveer tien maal. De uitgangsspanning op pen 7 gaat naar de uitgang h, waarvan men de witte ruis kan aftakken. De witte ruis wordt nog eens versterkt in operationele versterker IC4b, om de verzwakking van het rose filter te compenseren. Dit filter bestaat uit de weerstand van 6,8 kΩ en drie RC-combinaties, die de gewenste 3 dB per octaaf karakteristiek realiseren. De schakeling is speciaal ontwikkeld voor het genereren van witte en rose ruis met een frequentiespectrum dat aangepast is aan audio-apparatuur.

Tot slot van het verhaal over analoge ruisgeneratie een voorbeeld van een noisegenerator met een operationele versterker. Deze in de praktijk niet vaak toegepaste methode voor het genereren van ruis is getekend in figuur 10-727. Twee in cascade geschakelde operationele versterkers zijn ingesteld met een zeer hoge versterkingsfactor. Er wordt geen ingangssignaal aangeboden, het gevolg is dat de schakelingen alleen hun eigen ruis gaan versterker. Het probleem met deze eenvoudige schakeling is dat niet alle operationele versterkers een ruiskarakteristiek hebben die ze geschikt maakt voor deze toepassing. Alleen op-amp's met wat genoemd wordt een "1/f ruisgrens" zijn bruikbaar. Dit wil zeggen dat de laagfrequent ruis ongeveer 3 db hoger ligt dan de ruis bij hogere frequenties. Een bruikbaar type blijkt de LT1007 of LT1037 te zijn, beide typen hebben een 1/f ruisgrens van 2 Hz.



Figuur 10-727: Noise (9).

Een verhaal over noise is niet compleet zonder het principe van digitale noise-generation te bespreken. Zoals reeds geschreven in de inleiding kan men op een digitale manier mooie volledig reproduceerbare schijnbaar witte ruis opwekken. Schijnbaar, omdat het feit dat de ruis reproduceerbaar is al aangeeft dat het signaal in feite niets met "echte"

(wordt vervolgd)